

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIEROS MECÁNICOS.

TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA
LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO CON CAPACIDAD DE 6 BOTELLAS
DE 750 ML POR CICLO.

AUTORES:

DANIEL ANDRÉS AHTTY GONZÁLEZ

FRANCIS ANDRÉS ALMEIDA ROSERO

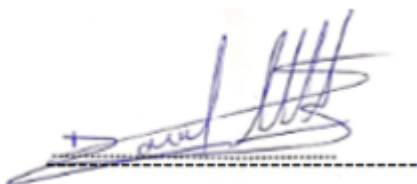
DOCENTE TUTOR:

LUIS CHRISTIAN JUIÑA QUILACHAMÍN

Quito, agosto 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Nosotros Daniel Andrés Ahtty González y Francis Andrés Almeida Rosero, con documento de identificación N° 100348591-7 y 100349452-1 respectivamente, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO CON CAPACIDAD DE 6 BOTELLAS DE 750 ML POR CICLO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Daniel Andrés Ahtty González

100348591-7

Quito, agosto del 2019



Francis Andrés Almeida Rosero


100349452-1

Quito, agosto del 2019

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO CON CAPACIDAD DE 6 BOTELLAS DE 750 ML POR CICLO” realizado por Daniel Andrés Ahtty González y Francis Andrés Almeida Rosero, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2019



Ing. Luis Christian Juiña Quilachamin M.Sc.
171370450-8

DEDICATORIA

Por el apoyo incondicional brindado durante toda mi carrera el presente proyecto le dedico a mi madre Susana Rosero, mi hermana Gabriela Almeida y mi abuela Magdalena Cifuentes con mucho cariño

Francis Andrés Almeida Rosero

El presente proyecto se lo dedico a mi madre Magdalena González, mi abuela Marta Reyes y mi abuelo Edwi González, los mismos que realizaron un sacrificio moral y económico para impulsar mi carrera hasta el final.

Mi padre Daniel Ahtty que, aunque no se encuentra físicamente sus enseñanzas y valores me impulsaron y a mis hermanos por ser un apoyo moral y emocional.

Daniel Andrés Ahtty González

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto ha sido posible realizarlo gracias a nuestras familias por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al ingeniero Luis Chistian Juiña Quilachamin M.Sc. tutor de nuestro proyecto y a Macrolinea S.A. por el apoyo y la confianza depositada en nosotros y a todas las personas que nos apoyaron directa o indirectamente.

Francis Andrés Almeida Rosero

Daniel Andrés Ahtty González

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
OBJETIVOS	xvi
Objetivo general.....	xvi
Objetivos específicos	xvi
PROBLEMA.....	xvii
JUSTIFICACIÓN	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Situación actual	1
1.1.1. Proceso de recolección.....	1
1.1.2. Proceso de lavado.....	1
1.1.3. Proceso de envasado	1
1.1.4. Proceso de etiquetado y almacenamiento	1
1.2. Flujo de proceso actual.....	2
1.3. Tiempos y movimientos en línea de producción.....	3
1.3.1. Lista de tareas tiempo y precedencia	3
1.3.2. Matriz de precedencia	4
1.3.3. Tiempo de ciclo.....	4
1.3.4. Eficiencia de la línea de producción	5
1.4. Análisis de pareto	5
1.4.1. Diagrama de pareto	6

1.5.	Producción mensual.....	6
1.6.	Eficiencia mensual.....	7
1.7.	Layout.....	7
1.8.	Ventas mensuales y pronóstico	8
1.8.1.	Pronóstico suavizado.....	8
1.8.1.1.	Pronóstico promedio móvil.....	8
1.8.1.2.	Pronóstico suavizado exponencial	9
1.9.	Síntesis de ventas y pronóstico.....	11
1.10.	Limpieza.....	11
1.10.1.	Diagrama de SINNER	11
1.10.1.1.	Acción mecánica	12
1.10.1.2.	Acción química.....	12
1.10.1.3.	Temperatura.....	12
1.10.1.4.	Tiempo.....	12
1.10.2.	Limpieza manual	13
1.10.3.	Limpieza por inmersión o remojo	13
1.10.4.	Limpieza por espuma	13
1.10.5.	Limpieza por aspersion.....	13
2.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	15
2.1.	Tipos de máquinas de lavado de botellas	15
2.1.1.	Lavado de botellas vertical.....	15
2.1.2.	Lavado de botella rotatoria.....	17
2.1.3.	Lavado de botellas vertical con inmersión parcial	17
2.2.	Matriz de Holmes	18
2.2.1.	Criterios de decisión.....	19
2.2.1.1.	Ponderación de criterios.....	19
2.2.1.2.	Matriz de costo.....	19

2.2.1.3.	Matriz de mantenimiento	20
2.2.1.4.	Matriz de espacio físico	20
2.2.1.5.	Matriz de complejidad mecánica	21
2.2.1.6.	Matriz de capacidad	21
2.2.1.7.	Matriz de disponibilidad	21
2.2.1.8.	Matriz final	22
3.	DISEÑO Y CÁLCULOS	23
3.1.	Descripción de la máquina	23
3.2.	Cálculo de RPM	24
3.2.1.	Tiempo de desprendimiento	24
3.2.2.	Material de los cepillos	24
3.2.3.	Velocidad angular	24
3.2.4.	Tipo de tratamiento previo a la botella	24
3.2.5.	Observaciones	24
3.3.	Cálculo torque	26
3.4.	Dimensionamiento del motor	28
3.5.	Ejes	29
3.5.1.	Energía de la distorsión	29
3.5.2.	Cálculo eje principal	30
3.6.	Transmisión de potencia	34
3.6.1.	Banda en V y poleas	34
3.7.	Sistema de Elevación	37
3.7.1.1.	Selección de manguera	38
3.7.1.2.	Selección de válvula	39
3.7.1.3.	Selección de unidad de mantenimiento	40
3.8.	Estructural	41
3.8.1.	Espesor de placa	41

3.8.2. Estructura	42
3.8.2.1. Soldadura	45
4. ENSAYOS	47
4.1. Muestreo aleatorio simple sin reposición	47
4.2. Eficiencia comparada	48
5. ANÁLISIS FINANCIERO	50
5.1. Presupuesto	50
5.2. VAN.....	50
5.3. TIR.....	52
5.4. Período de retorno.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	59
Anexo 1 Cotizaciones	59
Anexo 2 Construcción del equipo	63
Anexo 3 Diagrama neumático.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Flujo de Proceso	3
Figura 2. Matriz de Precedencia	4
Figura 3. Precedencias	4
Figura 4. Diagrama de Pareto	6
Figura 5. Producción Mensual	6
Figura 6. Eficiencia de lavado	7
Figura 7. Layout	8
Figura 8. Pronóstico	11
Figura 9. Diagrama de Sinner	12
Figura 10. Lavadora vertical	16
Figura 11. Lavadora rotatoria	17
Figura 12. Diseño lavadora de botellas	23
Figura 13. Ensayo con cepillo metálico	26
Figura 14. Ensayo medición de masas	27
Figura 15. Distribución de ejes	29
Figura 16. Eje principal.....	30
Figura 17. Fuerza cortante.....	32
Figura 18. Momento Flector	32
Figura 19. Propiedades Mecánicas	33
Figura 20. Distribución de potencia.	35
Figura 21. Esquema base para el diseño de los centros de los ejes.....	35
Figura 22. Esquema base para el diseño de los centros de los ejes.....	37
Figura 23. Propiedades manguera	39

Figura 24. Válvulas	40
Figura 25. Estructura con cargas	43
Figura 26. Longitud de Pandeo.	44
Figura 27. Estructura con cargas	45
Figura 28. Área de soldadura	46
Figura 29. Muestreo aleatorio simple.....	48
Figura 30. Muestreo aleatorio simple.....	48
Figura 31. Comparativo de Eficiencias.....	49
Figura 32. Flujo de Caja.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura flujo de proceso	2
Tabla 2. Lista de tareas tiempo y precedencia	3
Tabla 3. Lista de tareas y tiempo	5
Tabla 4. Mes, Ventas y Pronóstico.....	9
Tabla 5. Resumen procesos de lavado	14
Tabla 6. Criterios lavados de botellas vertical	16
Tabla 7. Criterios de lavado de botellas vertical	17
Tabla 8. Criterios de lavado de botellas vertical.	18
Tabla 9. Valores numéricos para criterio	18
Tabla 10. Ponderación de criterios.....	19
Tabla 11. Matriz de costo de fabricación.	20
Tabla 12. Matriz de mantenimiento	20
Tabla 13. Matriz de espacio físico	20
Tabla 14. Matriz de complejidad mecánica.	21
Tabla 15. Matriz de capacidad	21
Tabla 16. Matriz de disponibilidad	21
Tabla 17. Matriz final.....	22
Tabla 18. Tabulación de datos	25
Tabla 19. Masa de botellas.....	27
Tabla 20. Potencia en función de las RPM	28
Tabla 21. Reacciones y factores de seguridad	33
Tabla 22. Masas	38
Tabla 23. Resultados estructurales.....	44

Tabla 24. Ensayos	47
Tabla 25. Costos.....	50
Tabla 26. Ingreso generado.....	52

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es obtener un equipo con la capacidad de lavar 6 botellas provenientes de la recolección de locales aliados a la empresa de producción de licor Macrolínea S.A, aumentando la eficiencia del proceso. El diseño del equipo consta de 6 fases descritas a continuación. El Capítulo 1 muestra el flujograma de proceso actual de la empresa y justifica el problema en el que el proyecto se enfoca; se procede con el análisis de alternativas en el cual se estudia los procesos de lavado de botellas actuales en el mercado, sus costos, ventajas, desventajas de cada máquina y disponibilidades. El siguiente capítulo correspondiente al diseño, se enfoca en los cálculos respectivos para el dimensionamiento de componentes del equipo, los ensayos realizados para obtención de datos críticos y la construcción del modelo 3D para su posterior construcción física, en el mismo se empleó Autodesk Inventor para la construcción de piezas, cálculos de transmisión de potencia y selección de elementos normalizados; a continuación con la máquina terminada se procede a realizar pruebas de funcionamiento y ensayos de los mismos, con la finalidad de la obtención de datos reales del funcionamiento del equipo y sus componentes. Posteriormente, se procede a realizar una revisión de los datos extraídos mediante ensayos, mostrando la eficiencia histórica de la empresa comparada contra eficiencia proporcionada por el equipo al proceso. Finalmente empleando un análisis financiero de costos involucrados en construcción del equipo se extrae el tiempo de retorno de la inversión para la empresa y la rentabilidad del mismo.

ABSTRACT

The main objective of the project is to obtain equipment with the capacity to wash 6 bottles collected from the allied stores to the liquor production company Macrolinea S.A, increasing the efficiency of the process. The design of the equipment consists of 6 phases described below. Chapter 1 shows the flowchart of the current process of the company and justifies the problem in which the project focuses, therefore we proceed with the analysis of alternatives in which the current bottle washing processes in the market are studied along with their costs, advantages, disadvantages of each machine and availability. The next chapter corresponding to the design focuses on the respective calculations for the sizing of equipment components, the tests performed to obtain critical data and the construction of the 3D model for its subsequent physical construction. In it, Autodesk Inventor was used for the construction of parts, calculations of power transmission and selection of standardized elements, then with the finished machine we proceed to perform functional tests in order to obtain actual data operation of the equipment and its components. After that we proceed to perform an analysis of the data obtained in the tests showing the historical efficiency of the company compared to the efficiency provided by the equipment to the process. Finally using a financial analysis of costs involved in construction of the equipment, the payback of the investment of the company is extracted along with the profitability.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina semiautomática lavadora de botellas de vidrio con capacidad de 6 botellas de 750 ml por ciclo.

Objetivos específicos

Evaluar el proceso actual de lavado de botellas en la empresa Macrolinea S.A.

Definir y seleccionar el proceso de lavado que satisfaga los requerimientos establecidos.

Diseñar el equipo con base en las exigencias del proceso de lavado y seleccionar elementos normalizados que proporcionen confiabilidad.

Validar el funcionamiento del equipo mediante ensayos.

Realizar una evaluación financiera para el cálculo del retorno de la inversión.

PROBLEMA

La empresa “MACROLINEA S.A” ubicada en la ciudad de Ibarra se dedica a la producción de licor y envasado del mismo, actualmente suministran licor en la ciudad de Ibarra. La empresa recicla botellas de vidrio, proceso donde posee inconvenientes de lavado y esterilizado el cual en la actualidad lo realizan de forma manual con una baja eficiencia en cuanto a tiempo y dinero.

Macrolinea S.A en su inicio de operaciones en Enero del 2017 mantiene una producción estable en relación al lavado de botellas y presenta una eficiencia del 100%; a la fecha se encuentra un operario encargado del lavado de las botellas, a principios de mayo en el envasado se identifica un incremento y la eficiencia baja a 53.33%, debido a la demanda del producto. La empresa requiere de mayor cantidad de botellas limpias y para el efecto se contrata un operario adicional y compra de botellas nuevas.

Surge el problema al seguir aumentando la demanda de producto y la eficiencia se encuentra en constante reducción hasta el mes de mayo de 2018, la eficiencia en lavado de botellas con respecto al envasado cae hasta un 29%; en la actualidad posee ya dos operarios encargados de esta labor y para cubrir la demanda, la empresa recurre a la compra de nuevas botellas lo que disminuye la rentabilidad del proceso.

Nacionalmente no existe disponibilidad de maquinaria que cumpla con el requerimiento antes mencionado, sumado a esto el costo de importación desde del país asiático, China, es muy elevado y existe cierta desconfianza acerca de la fiabilidad de la misma.

JUSTIFICACIÓN

Al momento la empresa “MACROLINEA S.A” requiere como necesidad básica la implementación de una lavadora de botellas semiautomática, pues es el inicio de su línea de producción.

Debido que en su producción se lavan 40 botellas diarias con dos operarios, con la implementación de la máquina semiautomática se pretende lavar 144 botellas diarias, de esta manera las botellas limpias aumentarían en un 360 %.

El costo de manufactura de la máquina en su totalidad desde el diseño hasta la construcción con relación a materiales y mano de obra es considerado menor al de importación diseño y construcción de la misma fuera del país. En China existe una empresa que construye la máquina bajo pedido en un periodo de 15 días laborables por un costo de 8840 dólares. En conclusión, debido al costo y ubicación, el diseño y construcción en el país es admisible.

INTRODUCCIÓN

En un comienzo se especifica el antecedente histórico de la empresa, y como la problemática avanza en el tiempo hasta llegar a un punto crítico el cual requiere una solución. Se realizará un análisis de la situación de la empresa en la actualidad y sus problemáticas en general para evaluar los procesos críticos.

Posterior a la identificación del problema a tratar, se analizarán las opciones del mercado actuales y si el proceso se ajusta a una de ellas, una vez evaluado el requerimiento de la empresa se procederá con el diseño del equipo y sus cálculos respectivos.

Asimismo, se realizará un análisis con el equipo ya construido para corroborar su eficiencia y mejora en el proceso de producción.

Finalmente se procederá con el análisis financiero respectivo del proyecto.

CAPITULO 1

1.ANTECEDENTES

1.1. Situación actual

La empresa Macrolinea S.A dedicada a la producción de licor y cocteles en la ciudad de Urcuquí-Imbabura mantiene una producción que está destinada a sus socios estratégicos y encargados de la distribución y venta del producto, conforme la demanda aumenta la fábrica incurre en problemas para mantener su producción y abastecimiento. Los procesos que la fábrica realiza son:

1.1.1. Proceso de recolección

Los establecimientos aliados y distribuidores encargados de la recolección de botellas aptas para el lavado proceden con el almacenamiento, los días lunes de cada semana se realiza el traslado de las botellas a la fábrica.

1.1.2. Proceso de lavado

En la fábrica el proceso comienza por un remojo de las botellas por un tiempo de 2 horas, una vez transcurrido el tiempo de remojo el trabajador procede a limpieza de etiquetas y sellos de seguridad, una vez limpia la botella el operario procede a la desinfección y lavado interna para concluir la parte del proceso. La empresa presenta demora y dificultad en el proceso debido a que se lo realiza de manera manual.

1.1.3. Proceso de envasado

Con las botellas totalmente limpias y desinfectadas las botellas ingresan a la banda transportadora para su envasado semiautomático, en el cual las botellas avanzan y se detienen en la envasadora, acto seguido el operario mediante un botón procede al envasado del licor designado con la cantidad de 750 ml, la botella avanza y es sellada con una tapa con sello de seguridad nuevo.

1.1.4. Proceso de etiquetado y almacenamiento






El proceso de etiquetado es realizado de forma manual, el operario procede a pegar la etiqueta y sellarla con la respectiva fecha de caducidad y registro sanitario, una vez etiquetadas se guardan en cajas de 12 unidades y almacenan para su distribución.

1.2. Flujo de proceso actual

Indica el recorrido del producto final desde la recepción del mismo, su proceso de limpieza, fabricación del producto, envasado, etiquetado, sellado, control de calidad, almacenamiento y logística de envío [1].

La tabla 1 detalla la nomenclatura empleada en el diagrama de flujo de procesos.

Tabla 1. Nomenclatura flujo de proceso [1].

Símbolo	Descripción	Representación
	Círculo	Operación o trabajo de una parte del producto
	Cuadrado	Control de calidad en el proceso
	Flecha	Tránsito del objeto
	Triángulo invertido	Almacenamiento
	D Mayúscula	Demora en el proceso

En la Figura 1 se describe el flujo de procesos que cumple la empresa Macrolinea S.A en la actualidad, se evidencia que los puntos 2,3,4 presentan un impacto considerable en el tiempo de producción.

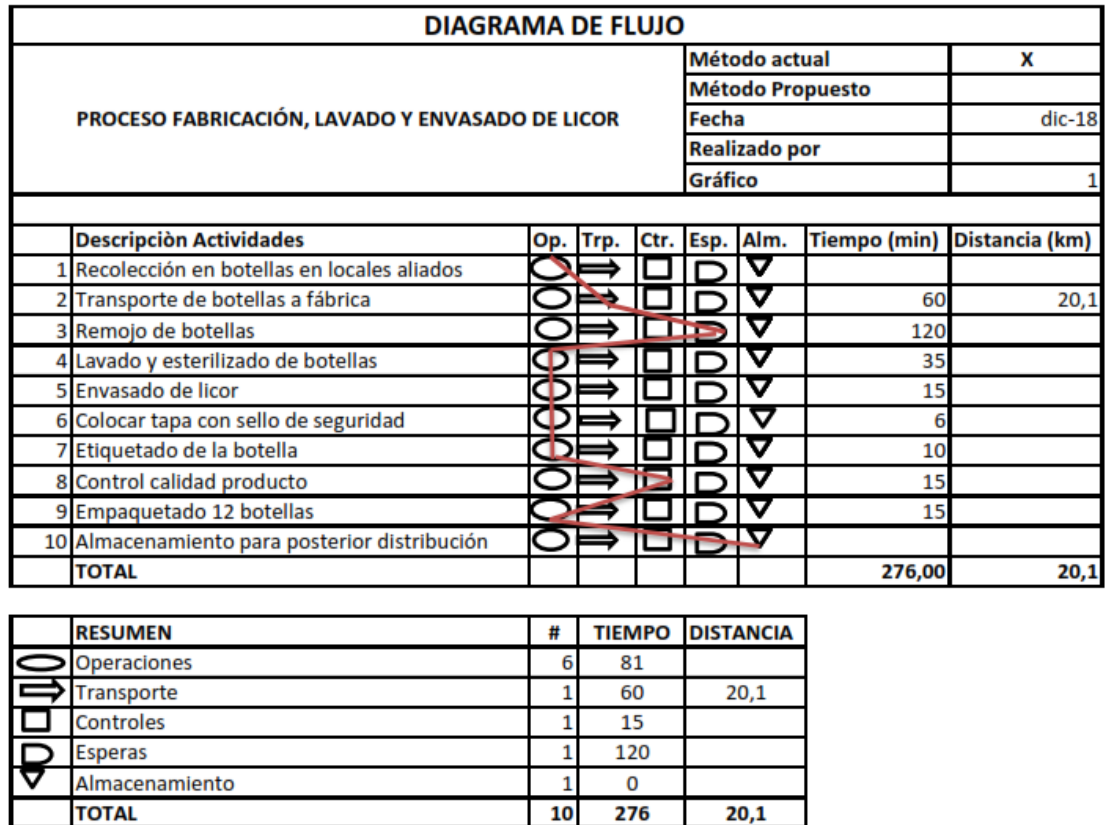


Figura 1. Diagrama Flujo de Proceso [2].

1.3. Tiempos y movimientos en línea de producción

1.3.1. Lista de tareas tiempo y precedencia

La tabla 2 presenta la lista de tareas, su tiempo y la precedencia de cada una.

Tabla 2. Lista de tareas tiempo y precedencia [2].

Nomenclatura	Tarea	Tiempo [min]	Precedencia
A	Trasporte de botellas a fábrica	60	-
B	Remojo de botellas	120	A
C	Retiro de sellos y etiqueta	45	A
D	Lavado y esterilizado	35	B, C
E	Envasado de licor	15	D
F	Sellado de botella	6	E
G	Etiquetado	10	F
H	Empaquetado	15	G

1.3.2. Matriz de precedencia

La matriz de precedencias muestra los procesos y las tareas necesarias que se requieren para continuar con el proceso [3].

								Nivel						
	A	B	C	D	E	F	G	0	1	2	3	4	5	
A								0						
B	x							1	0					
C	x							1	0					
D		x	x					2	2	0				
E				x				1	1	1	0			
F					x			1	1	1	1	0		
G						x		1	1	1	1	1	0	
H							x	1	1	1	1	1	1	0
								A	B	D	E	F	G	H
								C						

Figura 2. Matriz de Precedencia [2].

La Figura 3 detalla los niveles de proceso y la máxima agrupación para la optimización del mismo.

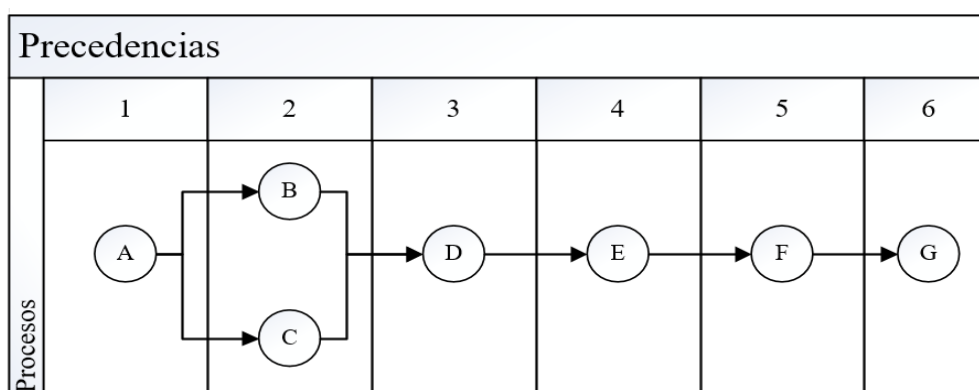


Figura 3. Precedencias [2].

1.3.3. Tiempo de ciclo

Es el tiempo que transcurre desde el arribo de la materia prima hasta el producto final [4].

La empresa Macrolínea S.A produce un aproximado de 135 botellas diarias.

$$T_{ciclo} = \frac{\# \text{ procesos} * 60 \text{ min}}{\# \text{ unidades}} \quad [4] \quad T_{ciclo} = \frac{8 * 60 \text{ min}}{135 \text{ unidades}}$$

$$T_{ciclo} = 3.56 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

1.3.4. Eficiencia de la línea de producción

Está basada en el tiempo de ciclo, el tiempo total de producción de una unidad y el mayor tiempo en la lista de tareas [4].

$$E = \frac{\text{tiempodeproduccióndeunaunidad}}{\text{mayortimpoenproceso} * \text{tiempodeciclo}} * 100\% \quad [4] \quad E = \frac{281}{120 * 3.56} * 100\%$$

$$E = 65.77\%$$

1.4. Análisis de pareto

El análisis ABC, análisis 80/20, establece que el 80 por ciento de los problemas y oportunidades provienen del 20 por ciento de los motivos [1].

La Tabla 3 muestra las tareas, el tiempo y porcentajes del proceso analizado.

Tabla 3. Lista de tareas y tiempo [2].

Tarea	Tiempo	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Remojo de botellas	120	39,22%	39,22%
Transporte de botellas a fábrica	60	19,61%	58,82%
Retiro de sellos y etiqueta	45	14,71%	73,53%
Lavado y esterilizado	35	11,44%	84,97%
Envasado de licor	15	4,90%	89,87%
Empaquetado	15	4,90%	94,77%
Etiquetado	10	3,27%	98,04%
Sellado de botella	6	1,96%	100,00%

1.4.1. Diagrama de pareto

El diagrama ABC presentado en la Figura 4 presenta 4 puntos críticos en la línea de producción de la empresa Macrolínea S.A, los que son remojo de botellas, transporte de botellas, retiro de sello-lavado y esterilizado. El factor transporte de botellas dada la ubicación de la fábrica con sus locales aliados no es posible abordar para su mejora; sin embargo, los 3 factores restantes se pueden abordar con un tema concreto para automatización el cual es el remojo, lavado y esterilizado de la botella de 750 ml.

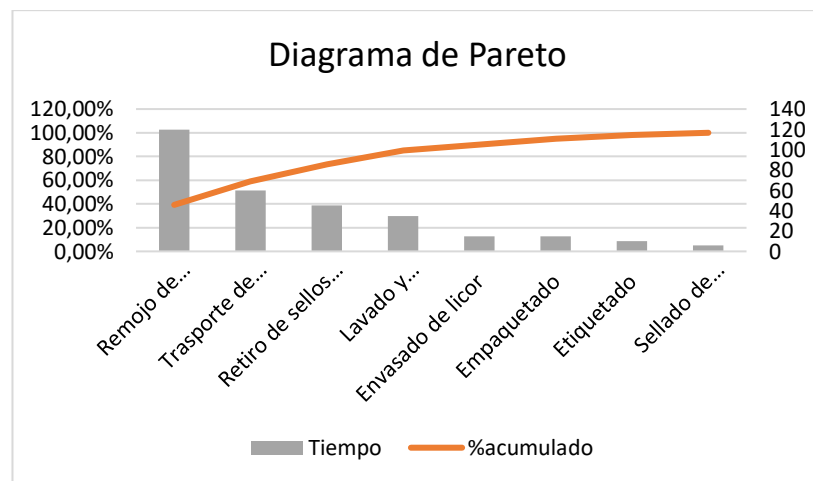


Figura 4. Diagrama de Pareto [2].

1.5. Producción mensual

La figura 5 detalla la producción de la empresa desde su inicio de operaciones en 2017 hasta el mes de junio en 2018. En la producción se aprecia una estabilización en 2760 unidades aproximadamente [2].

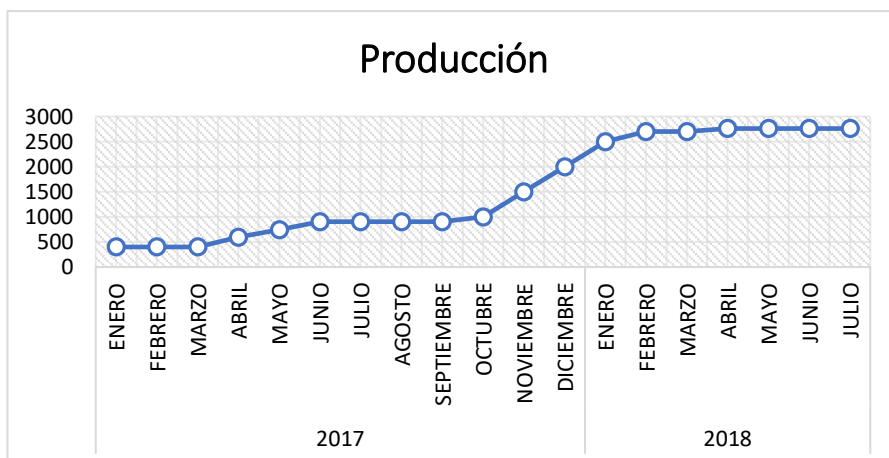


Figura 5. Producción Mensual [2]

1.6. Eficiencia mensual

La Figura 6 presenta la eficiencia de lavado histórica y un punto óptimo para mantener una producción estable.

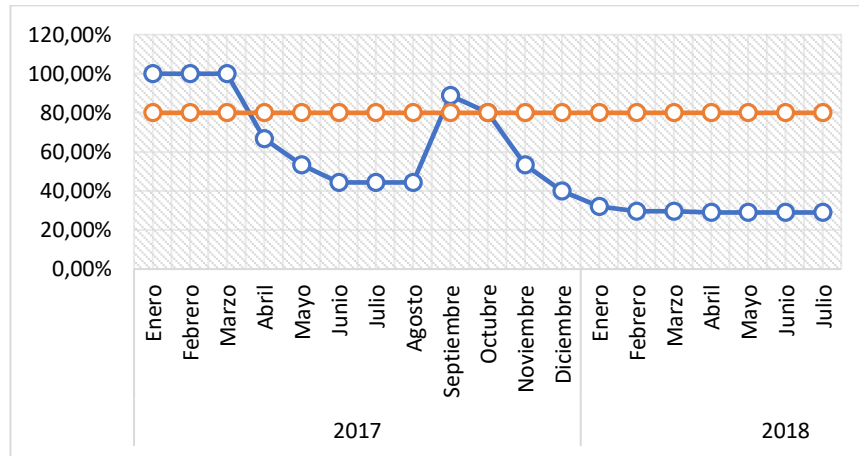


Figura 6. Eficiencia de lavado [2]

La eficiencia de lavado que detalla la Figura 1.6 se encuentra calculada con base en la cantidad de botellas lavadas mensualmente en comparación con la producción total mensual de la fábrica.

En el inicio de operaciones de la empresa un solo operario era encargado del lavado de botellas, debido a la producción estable la eficiencia se encontraba en 100 %. A medida que la demanda aumenta la eficiencia decae hasta un 44 %, donde se toma la decisión de contratar un segundo operario para el mismo proceso, con la demanda en aumento la eficiencia continúa decreciendo hasta estabilizarse en marzo 2018 en un 29% [2].

La baja eficiencia presentada requiere con urgencia una automatización del proceso.

1.7. Layout

Consiste en un gráfico que indique la posición de los departamentos en la fábrica o instalación de servicio [5].

La Figura 7 detalla las zonas y distribución actual de los procesos realizados para la fabricación de licor en la empresa Macrolínea S.A.

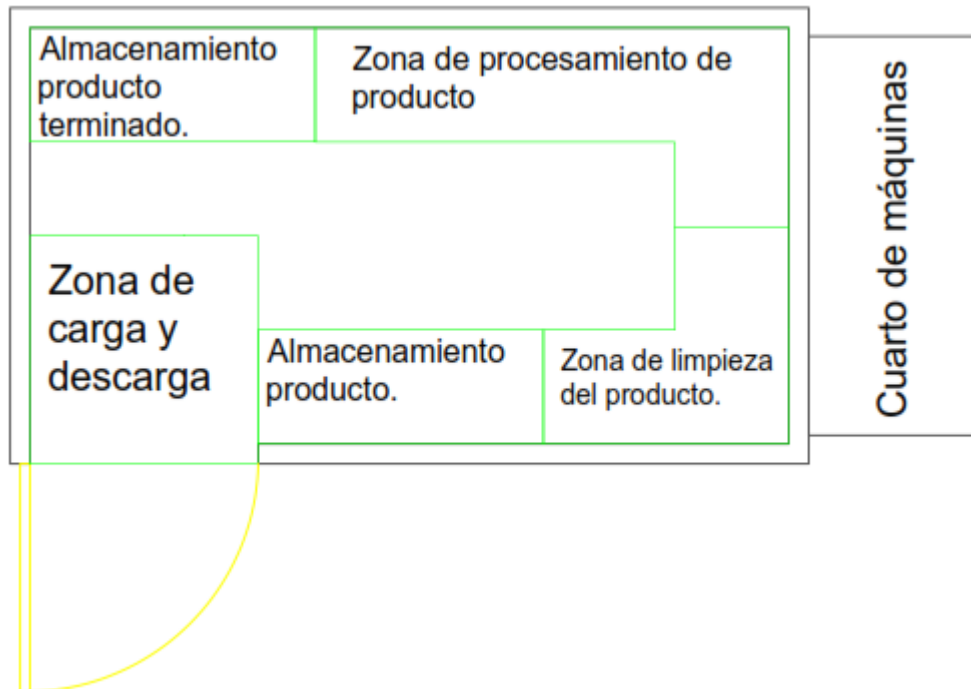


Figura 7. Layout [2].

1.8. Ventas mensuales y pronóstico

La figura 8 detalla la producción de la empresa Macrolinea S.A hasta el mes de julio de 2018 y un pronóstico del comportamiento de sus ventas proyectado hasta julio del 2019.

1.8.1. Pronóstico suavizado

Corresponde a la evolución del método de promedio móvil ponderado agregando una corrección, con el objetivo de ajustar en la dirección opuesta a la desviación del pasado, la corrección se da por medio de un coeficiente de suavización [6].

1.8.1.1. Pronóstico promedio móvil

Se emplea un número de valores de datos históricos para generar una proyección. Se aplica este modelo cuando se considera una demanda relativamente estable en el mercado [7].

$$PromedioMóvil = \frac{\sum_i^n \text{datos históricos}}{n} \quad [4]$$

N= número de períodos a ser considerados

1.8.1.2. Pronóstico suavizado exponencial

Es el método mencionado en el punto 1.8.1.1 con un factor de corrección o de ponderación alfa, el cual define el nuevo pronóstico con base en la siguiente fórmula [7]:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Nomenclatura:

F_t = Nuevo pronóstico

F_{t-1} = pronóstico anterior

α = Factor de ponderación

A_{t-1} = Valor real anterior

La Tabla 4 presenta los pronósticos calculados mediante la ecuación de pronóstico suavizado.

Tabla 4. Mes, Ventas y Pronóstico.

AÑO	MES	VENTAS	MÓVIL	SUAVIZADO
2017	ENERO	200		
	FEBRERO	250		
	MARZO	250		
	ABRIL	250	233,33	250
	MAYO	270	250,00	250
	JUNIO	400	256,67	270
	JULIO	500	306,67	400
	AGOSTO	600	390,00	500
	SEPTIEMBRE	800	500,00	600
	OCTUBRE	950	633,33	800

2018	NOVIEMBRE	1850	783,33	950
	DICIEMBRE	2300	1200,00	1850
	ENERO	3000	1700,00	2300
	FEBRERO	3050	2383,33	3000
	MARZO	3050	2783,33	3050
	ABRIL	3050	3033,33	3050
	MAYO	3100	3050,00	3050
	JUNIO	2700	3066,67	3100
	JULIO	2700	2950,00	2700
	AGOSTO		2833,33	2700
	SEPTIEMBRE		2733,33	2800
	OCTUBRE		2766,67	2800
2019	NOVIEMBRE		2833,33	2900
	DICIEMBRE		2883,33	2950
	ENERO		2916,67	2900
	FEBRERO		2933,33	2950
	MARZO		2883,33	2800
	ABRIL		2883,33	2900
	MAYO		2883,33	2950
	JUNIO		2950,00	3000
	JULIO		3000,00	3050

En la Figura 8 se muestra la tendencia de ventas, pronóstico móvil y suavizado exponencial, donde el pronóstico suavizado exponencial se ajusta con mayor precisión a las ventas.

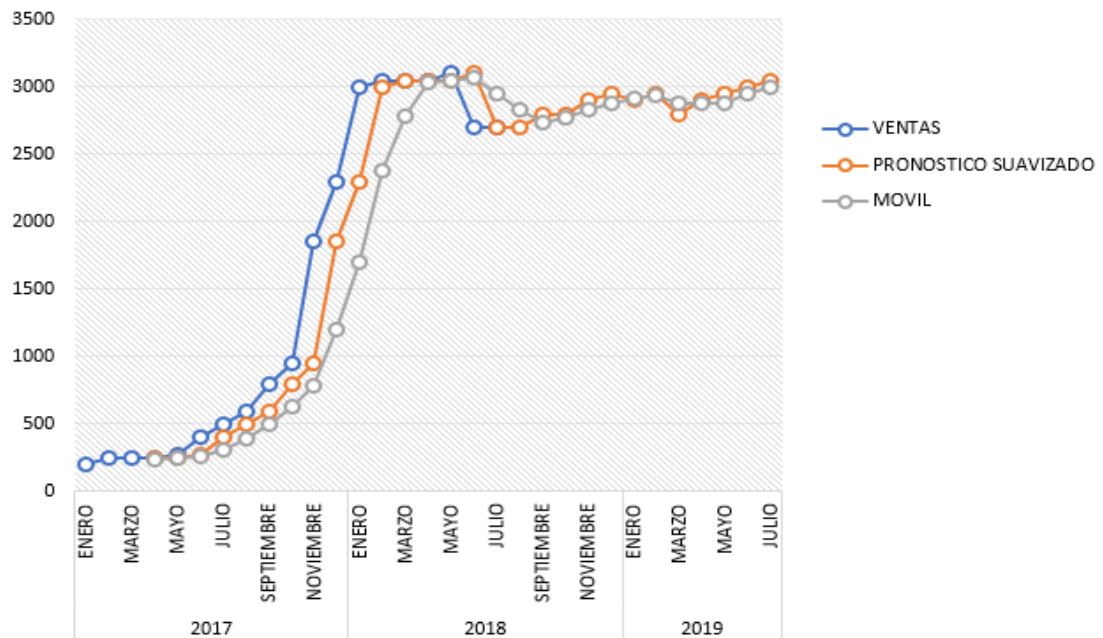


Figura 8. Pronóstico [2].

1.9. Síntesis de ventas y pronóstico

Conforme la marca adquiere prestigio, el volumen de ventas se incrementa hasta julio del 2018 y la proyección mostrada en la Figura 8 revelan un crecimiento hacia futuro, acto que repercute sustancialmente en la eficiencia, que hasta julio del 2018 se encuentra en un 25 % como refleja la Figura 6. A futuro concluirá en un decrecimiento hacia niveles críticos.

1.10. Limpieza

Existen diversos métodos de limpieza, cada uno varía de acuerdo a la necesidad y factores que intervienen; se procede a comparar los métodos.

1.10.1. Diagrama de SINER

Una limpieza completa se ve complementada por cuatro factores claramente identificados en el diagrama de SINER y son: energía mecánica, producto químico, tiempo y temperatura [8].

Los 4 elementos mencionados con anterioridad se muestran en la figura 9, los cuales son críticos para una limpieza completa.

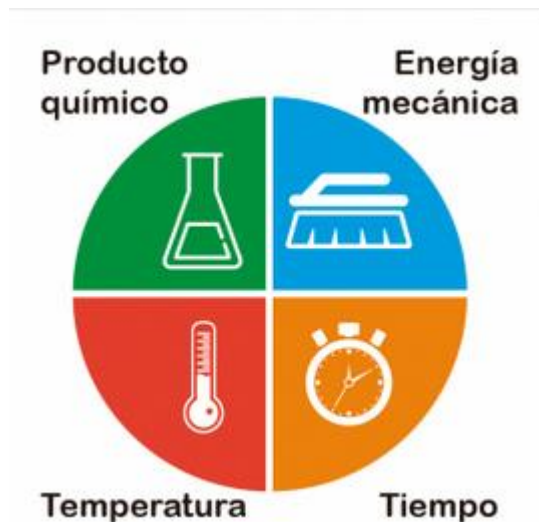


Figura 9. Diagrama de Sinner [8]

1.10.1.1. Acción mecánica

Se refiere a la fuerza mecánica necesaria para eliminar la suciedad [8], en este caso la acción de retirar la etiqueta, suciedad y pegamento adherido a la botella a ser lavada.

1.10.1.2. Acción química

Conjunto de agentes limpiadores de carácter químico empleados para ayudar a la limpieza mecánica, deben ser elegidos con cuidado y en dosis recomendadas por los fabricantes para obtener su mejor resultado sin afectar la superficie tratada [8]. De esta manera la acción química, mejora la disolución del pegamento de la etiqueta y facilita su extracción.

1.10.1.3. Temperatura

Posee un alto impacto y va ligado al producto químico, tomando en cuenta que ciertos agentes químicos requieren de temperaturas específicas para activarse; normalmente, con mayor temperatura el producto químico mejora su acción [8].

1.10.1.4. Tiempo

Es uno de los factores más críticos en el proceso y se encuentra influenciado directamente por los tres factores detallados con anterioridad, depende también del tipo de limpieza si es manual o automatizado [8].

1.10.2. Limpieza manual

Es el método más simple, no requiere de equipamiento técnico, puesto que se lleva a cabo con ayuda de cepillos o paños. Sin embargo, la exposición de los trabajadores a agentes químicos es mucho mayor que con una limpieza automatizada, por lo que cada vez se utiliza menos a nivel industrial [9].

Método utilizado en la actualidad por la empresa, el cual debido al aumento de producción ya no es viable.

1.10.3. Limpieza por inmersión o remojo

Método versátil empleado para piezas con formas irregulares o de difícil acceso, algunos tipos de piezas pueden ser de configuraciones cilíndricas, tubulares o cajas [9].

Los elementos sufren varios procesos de inmersión total en agentes con características magantes, no espumantes y antiespumantes frente a distintos tipos de suciedades, el tiempo es indistinto dependiendo el tipo de suciedad y la temperatura de aplicación se encuentra en el rango de 60-80°C [9].

Método más conveniente para automatizar un proceso de limpieza de partes cilíndricas.

1.10.4. Limpieza por espuma

El detergente se pulveriza sobre la superficie del local o del equipo a limpiar, a veces difíciles de acceder. La espuma debe adherirse a las paredes durante el tiempo necesario que le permita atacar a la suciedad, no debe secarse y su eliminación se realizará con un simple enjuagado. El tiempo de aplicación es del orden de 20 minutos [9].

No apropiado para recipientes cerrados o cilíndricos debido a la dificultades de introducir la espuma en ellos.

1.10.5. Limpieza por aspersión

En este tipo de limpieza se puede emplear aspersores de tipo fijo o móviles, comúnmente se utiliza en cisternas, recipientes o envases, variando la presión según el tipo de suciedad [9]. Se emplea para eliminar partículas insolubles como polvo,

carbonilla o restos de mecanizado, debido a su alta fuerza mecánica ejercida por altas presiones en la aspersión [9].

Limpieza apropiada para metales con oxidación o superficies planas.

La Tabla 5 muestra un resumen de los procesos de lavado, sus principales ventajas, desventajas y observaciones relevantes a la automatización del lavado de botellas a efectuar

Tabla 5. Resumen procesos de lavado

Proceso de limpieza	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Manual	Bajo costo Simplicidad	Altos tiempos	Apropiado solo para bajas producciones
Inmersión Remojo	Versatilidad para limpieza de configuraciones complejas	Manejo de químicos	Apropiada para automatización y piezas cilíndricas.
Espuma	Limpieza local de alta velocidad.	Requiere altas presiones para pulverización de detergente	No apropiado para configuraciones complejas debido a que la espuma no llega a zonas complejas.
Aspersión	Precisión en la limpieza.	Altas presiones en aspersores para garantizar limpieza total.	Adecuado para metales y superficies planas

El tipo de limpieza a emplear en la máquina por inmersión o remojo debido a la versatilidad del mismo, enfocada a objetos cilíndricos, manejo de químicos y su afinidad por la automatización.

CAPITULO 2

2.SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la comparación y el análisis se tomará en cuenta las siguientes características:

- Mantenimiento
- Espacio físico
- Costo de fabricación
- Complejidad mecánica
- Capacidad
- Disponibilidad

Para la selección del método más apropiado de transmisión en relación calidad-costos se empleará una matriz de comparación.

2.1. Tipos de máquinas de lavado de botellas

Existen dos tipos principales para el lavado de botellas de vidrio, lavadoras verticales y rotatorias.

2.1.1. Lavado de botellas vertical

El lavado vertical es utilizado en la industria de alto flujo de producto 20000 botellas, en sus modelos más industrializados hasta 170000 botellas por hora, el lavado de tipo vertical mezcla el tipo de lavado de aspersión con remojo y totalmente automatizado [10, 11]. Este tipo de lavado tiene ventajas si la escala de producción requiere de botellas por encima de las 20000 diarias mínimo; en el caso de Macrolinea S.A no aplica debido a que su producción se encuentra por debajo de las 20000 botellas mensuales. Entre las desventajas de este tipo de lavado es el alto costo de inversión y espacio debido al tamaño, peso, mantenimiento y costos de transporte y compra del equipo.



Figura 10. Lavadora vertical [10].

La Tabla 6 indica las características a ser compradas de la máquina de lavado vertical.

Tabla 6. Criterios lavados de botellas vertical [11, 10].

Características a comparación	
Costo Fabricación	50000 USD más importación y trámites de aduana
Mantenimiento	Requiere personal calificado, insumos y mantenimiento preventivo constante para evitar fallos.
Espacio Físico	Amplio espacio físico de 3.5m de ancho por 3m de largo en su modelo más pequeño.
Complejidad mecánica	Alta complejidad mecánica, con mecanismo interno de lavado y transporte, automatizada totalmente.
Capacidad	20000-170000 botellas por hora.
Disponibilidad	Importación.

2.1.2. Lavado de botella rotatoria

El lavado rotatorio se emplea para menores cantidades de producción del orden de 2800-8000 botellas, este tipo de lavado posee una alta complejidad mecánica por su disposición planetaria y rotación compleja de cepillos y botellas, este tipo de máquina no se encuentra muy industrializada en consecuencia a su alto costo de mantenimiento y de fabricación [12].

La Figura 11 indica una lavadora de botellas rotativa.



Figura 11. Lavadora rotatoria [13].

La Tabla 7 indica las características a ser compradas de la máquina de lavado rotatoria.

Tabla 7. Criterios de lavado de botellas vertical [13].

Características a comparación	
Costo Fabricación	6800 USD más importación y trámites de aduana.
Mantenimiento	Mantenimiento moderado sin necesidad de personal calificado.
Espacio Físico	Espacio moderado físico de 2m de ancho por 2m de largo.
Complejidad mecánica	Alta complejidad mecánica, rotación planetaria con rotación individual de cepillos, semiautomática.
Capacidad	2000 botellas por hora.
Disponibilidad	Importación.

2.1.3. Lavado de botellas vertical con inmersión parcial

El lavado propuesto en la presente investigación, combina la rotación de cepillos del tipo planetario con el lavado vertical de botella invertido dentro de un tanque lleno de

fluido de trabajo, combinando de esta manera un lavado altamente industrializado enfocado hacia una producción de menor cuantía.

La tabla 8 indica las características a ser compradas de la máquina de lavado combinada.

Tabla 8. Criterios de lavado de botellas vertical.

Características a comparación	
Costo Fabricación	4500USD
Mantenimiento	Mantenimiento bajo sin necesidad de personal calificado.
Espacio Físico	Espacio moderado físico de 2 m de ancho por 2 m de largo.
Complejidad mecánica	Media complejidad mecánica, semiautomática, sistema único de transmisión y movimiento.
Capacidad	20 botellas por hora [13].
Disponibilidad	Fabricación Local.

2.2. Matriz de Holmes

También denominada matriz de priorización, permite la selección de opciones con base en la ponderación de criterios previamente definidos [14].

Para formar la matriz de Holmes se establecen los valores numéricos expuestos en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores numéricos para criterio

Valores para criterio	
Igual	1
Importante	5
Muy importante	10
Poco importante	1/5
Sin importancia	1/10

2.2.1. Criterios de decisión

Deben definirse de manera que el lector o los miembros del equipo no deje dudas libres [14].

Los criterios a ser analizados son:

- Mantenimiento
- Espacio físico
- Costo de fabricación
- Complejidad mecánica
- Capacidad
- Disponibilidad

2.2.1.1. Ponderación de criterios

Empleando una matriz en L los criterios previamente definidos son ponderados y de manera vertical son comparados con los restantes, asignando un valor numérico con base en la Tabla 10 [14].

La Tabla 10 muestra la ponderación de criterios.

Tabla 10. Ponderación de criterios

Criterio	Costo	Mantenimiento	Espacio	Complejidad	Capacidad	Disponibilidad	Total	Ponderación
Costo	-	1/10	5	1/10	1/10	1/5	5.5	0.06
Mantenimiento	10	-	1/5	1/5	5	1/5	15.6	0.16
Espacio	1/5	5	-	1/5	1	1/5	6.6	0.07
Complejidad	10	10	5	-	10	1	36	0.37
Capacidad	10	1/5	1	1/10	-	1/5	11.5	0.12
Disponibilidad	5	5	5	1	5	-	21	0.22
Total							96.2	1

2.2.1.2. Matriz de costo

La matriz mostrada en la Tabla 11 anuncia la relevancia del costo en cada alternativa.

Tabla 11. Matriz de costo de fabricación.

Costo	Vertical	Rotatoria	mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1/5	1/10	5.1	0.02
Rotatoria	5	-	1/5	0.4	0.25
Mixta	10	5	-	15	0.73
Total					1

2.2.1.3. Matriz de mantenimiento

La Tabla 12 detalla la importancia del mantenimiento en cada selección.

Tabla 12. Matriz de mantenimiento

Mantenimiento	Vertical	Rotatoria	Mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1/5	1/10	0.3	0.02
Rotatoria	5	-	1	6	0.34
Mixta	10	1	-	11	0.64
Total				17.3	1

2.2.1.4. Matriz de espacio físico

La tabla 13 destaca el impacto del espacio físico ocupado por el equipo en cada opción propuesta.

Tabla 13. Matriz de espacio físico

Espacio	Vertical	Rotatoria	Mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1/5	1/10	0.3	0.02
Rotatoria	5	-	1	6	0.34
Mixta	10	1	-	11	0.64
Total				17.3	1

2.2.1.5. Matriz de complejidad mecánica

La tabla 14 muestra la importancia de la complejidad mecánica de cada equipo.

Tabla 14. Matriz de complejidad mecánica.

Complejidad	Vertical	Rotatoria	Mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1	1/5	1.2	0.1
Rotatoria	1	-	1/5	1.2	0.1
Mixta	5	5	-	10	0.8
Total				12.4	1

2.2.1.6. Matriz de capacidad

La Tabla 14 muestra la importancia de la capacidad de trabajo.

Tabla 15. Matriz de capacidad

Capacidad	Vertical	Rotatoria	Mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1	1/5	1.2	0.13
Rotatoria	1	-	1	2	0.22
Mixta	5	1	-	6	0.65
Total				9.2	1

2.2.1.7. Matriz de disponibilidad

La Tabla 16 muestra la importancia de la disponibilidad de adquisición del equipo.

Tabla 16. Matriz de disponibilidad

Disponibilidad	Vertical	Rotatoria	Mixta	Total	Ponderación
Vertical	-	1	1/10	1.2	0.07
Rotatoria	1	-	1/5	1.2	0.07
Mixta	10	5	-	15	0.86
Total				17.4	1

2.2.1.8. Matriz final

La Tabla 17 presenta el resumen de la ponderación de cada criterio considerado y la ponderación general de cada uno, en la cual se seleccionará la de mayor calificación [14].

Tabla 17. Matriz final

Criterio	Costo	Mantenimiento	Espacio	Complejidad	Capacidad	Disponibilidad	Total
Vertical	0.02	0.02	0.02	0.1	0.13	0.07	0.44
Rotatoria	0.25	0.34	0.34	0.1	0.22	0.07	1.22
Mixta	0.73	0.64	0.64	0.8	0.65	0.86	3.52

Con base en la Tabla 17 la máquina mixta con una calificación mayor es seleccionada.

CAPITULO 3

3.DISEÑO Y CÁLCULOS

3.1. Descripción de la máquina

La máquina a ser diseñada corresponde a un modelo nuevo, la cual inicia su proceso con el ingreso de las botellas de manera manual en el eje de sujeción, el cual se encuentra en medio de los cepillos ubicados de manera transversal, el proceso avanza con la rotación de los cepillos metálicos, los cuales procederán a realizar el retiro de la etiqueta exterior, mientras la botella gira en su eje y es aseada interiormente por parte del líquido que se encuentra en el tanque principal. La máquina combina la rotación de cepillos planetaria de una máquina rotatoria con la disposición de las botellas de manera vertical parcialmente sumergidas en un tanque como indica la Figura 12.

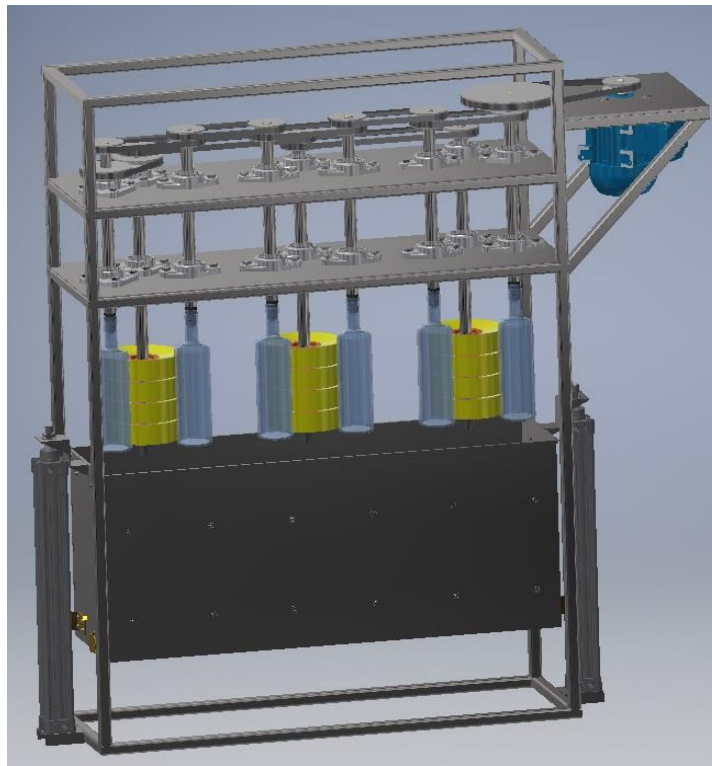


Figura 12. Diseño lavadora de botellas

3.2. Cálculo de RPM

Las RPM o velocidad angular se calcularon mediante método experimental, empleando un taladro, cepillos de distintos materiales, botellas con las diferentes etiquetas a retirar y un contador de RPM láser.

En la tabla 3.1 se tabuló los datos adquiridos en los distintos ensayos realizados, en los cuales se determinó los siguientes factores:

3.2.1. Tiempo de desprendimiento

Se considera un tiempo aceptable de 20 minutos o menor debido a que a un trabajador le toma aproximadamente 25 minutos la limpieza de una botella, tiempos superiores a 20 minutos son considerados altos.

3.2.2. Material de los cepillos

En los ensayos realizados se empleó 3 tipos de cepillos comercializados de manera libre:

Metálico, bronce SAE 40 aproximadamente 70 HB (fabricante no especifica)

Plástico suave, poliestireno alta densidad 20HB

Plástico duro.

3.2.3. Velocidad angular

Las velocidades consideradas en el ensayo oscilan de 300 a 1000 RPM, donde se considera hasta 500 RPM una velocidad manejable, con base en los ensayos realizados a mayores velocidades el control tanto de la botella como el cepillo es deficiente.

3.2.4. Tipo de tratamiento previo a la botella

Tratamiento realizado a la botella antes del proceso de lavado, se detallan dos tipos:

Remojo 24h, correspondiente a remojo de la botella 24h antes del proceso de lavado.

Ninguno, ingreso al lavado sin ningún remojo previo.

3.2.5. Observaciones

La Tabla 18 detalla los ensayos realizados con los distintos factores considerados y observaciones.

Tabla 18. Tabulación de datos

Ensayo	Velocidad Angular (RPM)	Tipo Etiqueta	Tratamiento previo etiqueta	Tiempo (min)	Tipo cepillo	Observaciones
1	700	Plástica	ninguno	40	Plástico, cerda suave	Tiempo alto, velocidad angular alta
2	700	Papel-plástico	ninguno	30	Plástico, cerda suave	Tiempo alto, velocidad angular alta
3	500	Papel-Plástico	Remojo 24h	20	Plástico, cerda suave	Tiempo en remojo.
4	400	Plástica	Remojo 24h	30	Plástico, cerda suave	Tiempo en remojo
5	600	Plástica	ninguno	30	Plástico, cerda dura	Tiempo alto, velocidad angular alta
6	500	Papel-Plástico	ninguno	25	Plástico, cerda dura	Tiempo alto, velocidad angular alta
7	500	Plástica	Remojo 24h	20	Plástico, cerda dura	Tiempo en remojo,
8	500	Papel-plástico	Remojo 24h	15	Plástico, cerda dura	Tiempo en remojo
9	350	Plástico	ninguno	10	Metálica, suave	Tipo cepillo
10	300	Papel, plástico	ninguno	8	Metálica, suave	Tipo cepillo

En los ensayos realizados, se determinó que con revoluciones mayores a 500 RPM se pierde estabilidad de la botella y en algunos casos ruptura de la misma en la parte de sujeción.

Con base en la Tabla 18 se determinó una velocidad de trabajo de 300 RPM para una limpieza en buen tiempo y con seguridad.

En la Figura 13 se ilustra el ensayo número 9 elaborado con cepillo metálico, etiqueta plástica sin ningún tratamiento previo.



Figura 13. Ensayo con cepillo metálico

3.3. Cálculo torque

Cuando un eje se carga con un momento a su eje longitudinal, se dice que están en torsión y por consiguiente el momento aplicado se llama torque [15].

El torque se calculó de manera analítica tomando en cuenta el peso de la botella a lavar llena de agua, aumentando un 25% debido al rozamiento de los cepillos y la inmersión en la tina de lavado. En la Tabla 19 se muestran las distintas botellas con su masa, el número de ensayo corresponde a los distintos tipos de botella a lavar en él equipo.

Tabla 19. Masa de botellas

Ensayo	Masa (gr)	Diametro Superior (mm)
1	1207	27
2	1142	27
3	1207	28
4	1204	27

Con base en la Tabla 19 la masa a trabajar es la más alta medida de 1207 gr correspondiente al ensayo 1 y 3.

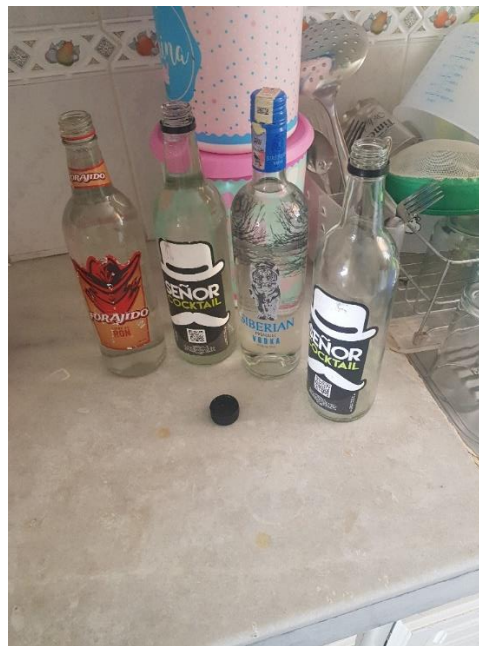


Figura 14. Ensayo medición de masas

En la Figura 14 se ilustra las botellas empleadas en el ensayo de medición de masas.

El momento definido por la fuerza aplicada por la distancia a ser aplicada [16], se determinó como la fuerza aplicada por el peso de la botella en el radio de la parte superior de la misma, tomando la fuerza como la masa multiplicada por la gravedad ($9.81 \frac{m}{s^2}$).

$$F = m * g \text{ [16]}$$

$$F = 14.8 \text{ N}$$

Para el cálculo del momento torsionante se dispuso de la medición del diámetro superior.

$$T = F * d \text{ [16]}$$

$$T = 199.811 \text{ N} * \text{mm}$$

3.4. Dimensionamiento del motor

El dimensionamiento del motor involucra el torque total requerido por el mismo y los rpm de trabajo del equipo calculadas con anterioridad [16].

$$T(N * m) = 9.55 * \frac{\text{Potencia}}{n(RPM)} \text{ [16]}$$

$$\text{Potencia} = \frac{T(N*m)*n(RPM)}{9.55}$$

El torque total se encuentra representado por el torque obtenido multiplicado por 13 correspondiente a 13 ejes que la máquina va a mantener.

Con base en el cálculo del torque se genera la Tabla 18 de velocidades de trabajo en función al torque requerido y RPM. El motor a utilizar en la construcción corresponde a un Siemens trifásico de 6 polos, IE1, que posee una eficiencia del 75%.

Tabla 20. Potencia en función de las RPM

RPM	Potencia	Potencia	Potencia	Eficiencia
	W	Hp	Real Hp	
300	81.68	0.11	0.08	0.75
400	108.90	0.14	0.11	0.75
500	136.13	0.18	0.14	0.75
600	163.35	0.22	0.17	0.75
700	190.58	0.26	0.20	0.75
800	217.80	0.29	0.22	0.75
900	245.03	0.33	0.25	0.75
1000	272.25	0.36	0.27	0.75

Para el motor comercial Siemens 1le0142-0dc36-4aa4-z de $\frac{3}{4}$ hp con su respectivo variador de frecuencia, se consideró un motor de $\frac{3}{4}$ debido a la baja de rendimiento causada por la reducción de velocidad ocasionada por el variador.

3.5. Ejes

Los ejes se encuentran distribuidos de forma vertical, como se especifica en la Figura 15, los cuales se encuentran divididos en 5 tipos:

- El eje principal, el que recibe la potencia directa desde el motor y la transmite a los demás por medio del sistema de poleas.
- Ejes intermedios, transmiten la potencia entre sus iguales por medio del sistema de poleas.
- Eje intermedio con rueda dentada, transmiten la potencia desde los ejes intermedios al eje de cepillo con rueda dentada.
- Eje cepillo con rueda dentada, recibe la potencia por medio de la rueda dentada y la transmite por sistema de poleas.
- Eje cepillo, transmite la potencia a sus iguales por medio del sistema de poleas.

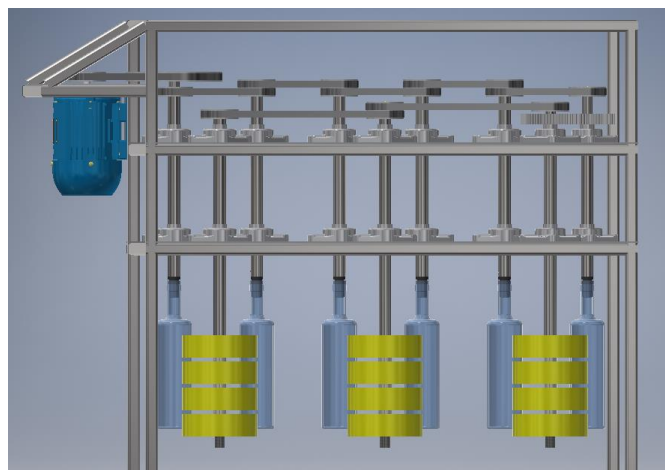


Figura 15. Distribución de ejes

3.5.1. Energía de la distorsión

El concepto de la teoría de la energía de la distorsión para fallas estáticas o esfuerzo efectivo de Von Mises (σ), es ampliamente empleado en materiales dúctiles, como los

empleados para la fabricación de ejes y se define como el esfuerzo de tensión un axial que crearía la misma energía de distorsión que la combinación real de los esfuerzos aplicados [15].

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\sigma_{xy}^2}$$

Con base en la fórmula de la energía de la distorsión, se obtiene la fórmula para el factor de seguridad (n), basada en la resistencia por fluencia a la tracción (s_y) [15].

$$n = \frac{s_y}{\sigma'} [15]$$

Para el cálculo del esfuerzo por momento flector en caso de que la sección transversal utilizada sea de forma circular se aplica la siguiente fórmula [15]:

$$\sigma_x = \frac{32*M}{\pi*d^3} [15]$$

El esfuerzo σ_y en ejes se considera 0 [15].

Para el cálculo del esfuerzo por torsión en caso de una sección transversal circular se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma_{xy} = \frac{16*T}{\pi*d^3} [15]$$

3.5.2. Cálculo eje principal

En la Figura 16 se aprecia las fuerzas involucradas en el diseño del eje.

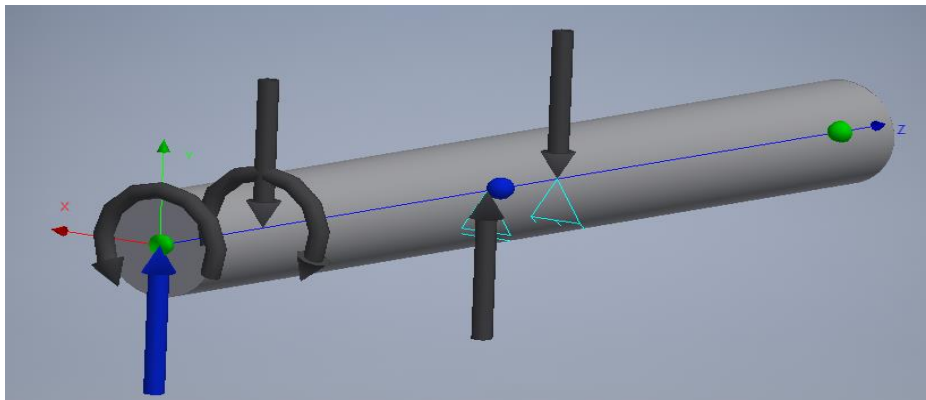


Figura 16. Eje principal

En el extremo del origen del eje se encuentra la polea de 190 mm, la misma que reducirá la velocidad del motor; 30mm hacia la derecha se encuentra la polea de 71mm responsable de transmitir la potencia a los ejes, los apoyos ubicados a una distancia de 65mm de la polea de 71 mm poseen una separación de 20 mm correspondientes a los extremos de la chumacera.

Las tensiones en la polea de 190 mm se encuentran calculadas con base en la fórmula de torsión, la misma que se encuentra en la sección 3.4.

$$T = 31160 \text{ N} * \text{mm}$$

Tomando en cuenta la fórmula de la sección 3.3, y con el diametro de la polea se calcula la fuerza de la tensión 1 de la banda

$$T1 = 283N$$

$$T2 = 0.15T1 \quad T2 = 45N$$

La fuerza resultante al centro del eje es:

$$F = T1 + T2$$

$$F = 328N$$

Aplicando el principio estático que todo par de torsión debe ser compensado [16] y el radio de la polea de 63mm ubicado en el eje, se obtiene la siguiente fórmula:

$$31160 = 31.5T3 + 31.5T4 \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Aplicando la fórmula de tensiones de la sección 3.5.1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$0.15T3 = T4 \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Solucionando la ecuación 3-1 y 3-2 se obtiene:

$$T3 = 860.179N$$

$$T4 = 129.027N$$

La fuerza resultante aplicada en el eje simbolizada como F1 es:

$$F1 = 989.21N$$

La figura 3.6 y 3.7 detallan el diagrama de momento flector y de fuerza cortante que actúan sobre el eje principal.

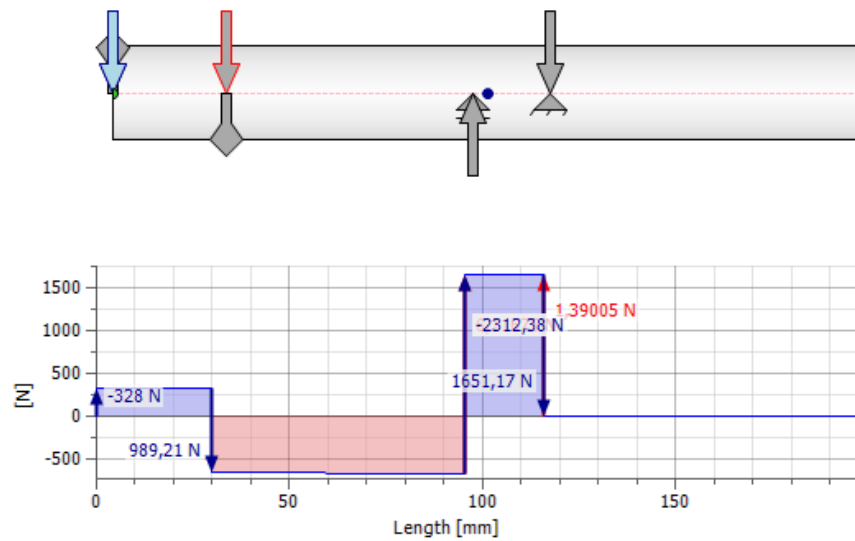


Figura 17. Fuerza cortante

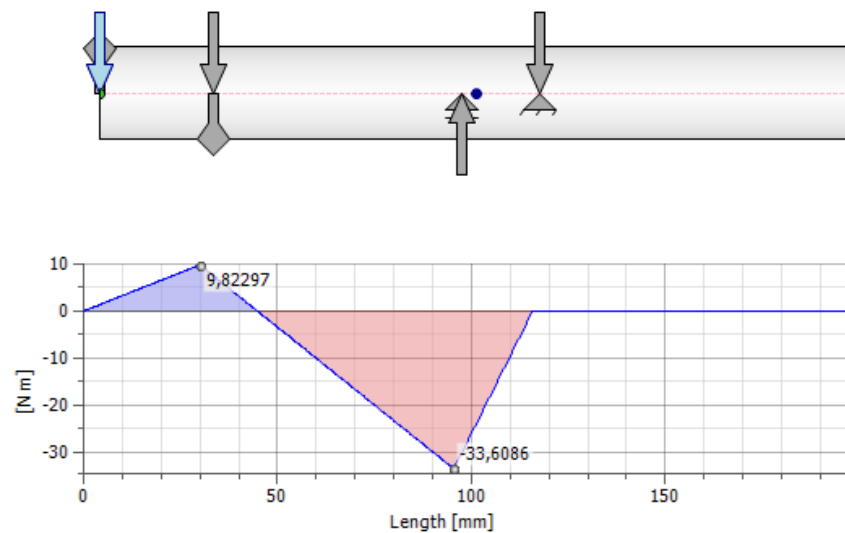


Figura 18. Momento Flector

En la Figura 18 se aprecia un punto crítico desarrollado en un apoyo, con el que se procederá a realizar el análisis con base en la energía de la distorsión.

$$M = 33608.6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Aplicando las fórmulas de la energía de la distorsión de la sección 3.5.1 se obtiene:

$$\sigma_x = 21.91 Pa$$

$$\sigma_{xy} = 10.16 Pa$$

$$\sigma' = 28.102 Pa$$

El material para la construcción de ejes es el Acero AISI 1040, de la empresa ecuatoriana Ivanbohman [17] de donde se obtuvieron los datos mecánicos del material indicados en la Figura 19.

Propiedades mecánicas	
Resistencia a la tracción	65 kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm ²
Elongación, A5	min 10%
Reducción de área	40 %
Dureza	220 - 235

Figura 19. Propiedades Mecánicas [17]

Aplicando la fórmula de factor de seguridad de la sección 3.5.1 se obtiene:

$$n = \frac{313 Pa}{28.102 Pa} = 11.138$$

La Tabla 21 detalla el resumen de los cálculos con reacciones y factores de seguridad de los ejes, donde Ra y Rb son las reacciones en los apoyos.

Tabla 21. Reacciones y factores de seguridad

Eje	Rax [N]	Ray [N]	Rbx [N]	Rby [N]	<i>n</i>
Principal	2312.38	0	1651.17	0	11.14
Intermedio	964.142	0	964.142	0	14.31
Intermedio con rueda dentada	3912.61	1344.54	3123.15	795.750	8.12
Cepillo con rueda dentada	4565.12	692.07	3834.26	1299.42	5.41
Cepillo	1641.72	652.511	1583.12	711.111	14.20

Por temas constructivos se empleó ejes de 1 in de espesor premaquinados, de esta manera se abarata costos de maquinado en horas hombre.

3.6. Transmisión de potencia

Para la transmisión de potencia se empleará un sistema mixto entre rueda dentada y un sistema de polea y banda en V.

3.6.1. Banda en V y poleas

El proceso de lavado requiere una reducción de la velocidad angular nominal del motor, en consecuencia, se aplica la siguiente fórmula en donde se emplea una polea motriz estandarizada de 71 mm:

$$n_1 d_1 = n_2 d_2$$

Donde

n_1 = la velocidad nominal del motor a 1200 RPM

d_1 = el diámetro de la polea motriz

n_2 = RPM polea conducida

d_2 = diámetro de la polea conducida

Debido al espacio reducido de la estructura la polea conducida empleada es de 190mm estandarizada, con la misma que se obtiene una reducción de velocidad en relación 71/190.

Este cálculo se emplea en la transmisión principal desde el motor hasta el eje de transmisión principal, para las demás poleas internas se utiliza poleas de 71 mm estandarizada de 1 o 2 canales según la necesidad. En la Figura 20 se observa la distribución de potencia en la máquina.

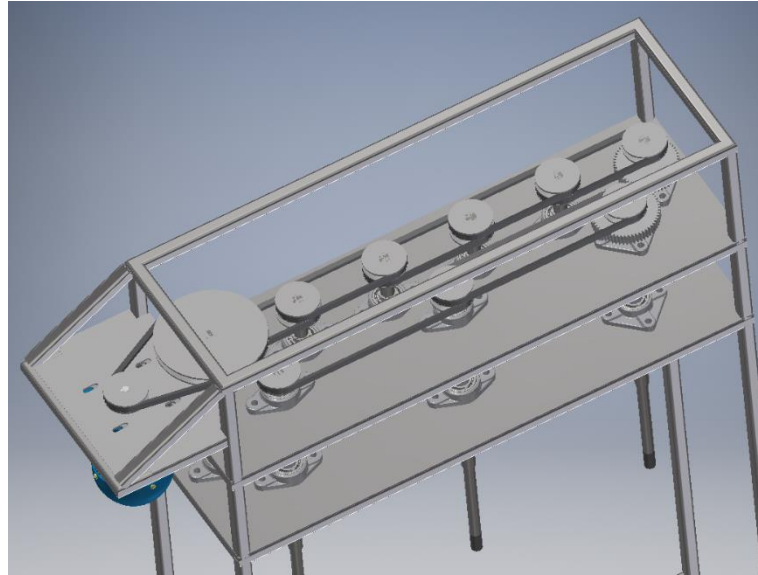


Figura 20. Distribución de potencia.

Para la selección de bandas en el sistema propuesto se tiene 3 tipos de bandas, el primer tipo corresponde a una banda interna del eje de la botella, las cuales poseen la menor distancia entre ejes; el segundo tipo de banda es aquella que emplean los ejes de cepillo, los cuales mediante el diseño de la Figura 21 se puede apreciar la distancia entre ejes y por último se tiene la banda principal desde el sistema motriz hasta el sistema conducido.

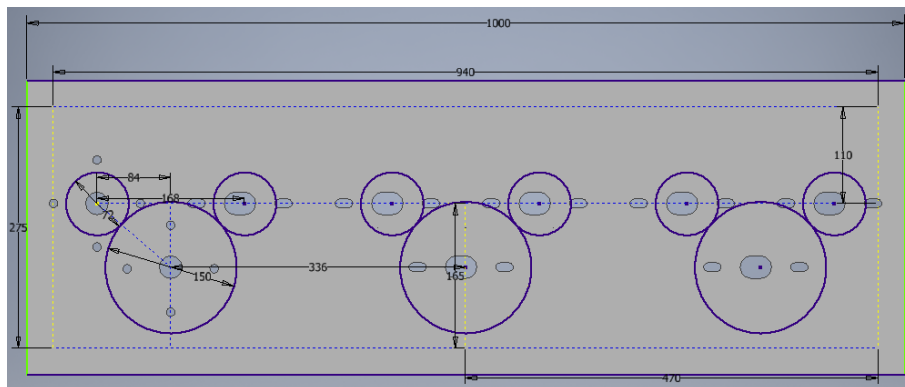


Figura 21. Esquema base para el diseño de los centros de los ejes.

El cálculo para el primer caso se lo realiza basado en los catálogos de transmisión de potencia de Ivanbohm [17] en donde se proporciona bandas de tipo A las cuales se puede implementar en poleas desde 60 mm de diámetro. Teniendo en cuenta que se debe tener la mínima distancia entre ejes se opta por la mínima banda tipo V comercial en Ecuador que poseen la cual es la A-21. Con dicha longitud de banda que es de 21

pulgadas, se continua con el cálculo del centro de diámetros basados en las siguientes fórmulas:

$$CD = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} [18]$$

$$B = 4L_p - 6.28(D_2 + D_1) [18]$$

Donde CD es el centro de diámetro requerido

D_2 = el diámetro de la polea de mayor diametro

D_1 = el diámetro de la polea de menor diametro

L_p = longitud de paso en pulgadas que para el caso sería 21 pulgadas.

Para obtener el cálculo de la longitud de paso del segundo caso se tiene que la distancia entre centros es $CD=336\text{mm}$, el diámetro de poleas de 2.71 in, los mencionados cálculos que se ingresan en la siguiente fórmula:

$$L_p = 2CD + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4CD} [18]$$

Obteniendo así una longitud de paso de 35.23 in, empleando el catálogo de Ivanbohman para el caso elegimos una banda tipo A-34.

El sistema motriz usa una polea conductora de 71 mm y una polea conducida de 190 mm, para lo cual es necesario conocer los valores entre los cuales debe estar el centro de distancia. Para el presente cálculo se utiliza la fórmula dictada en el libro de Robert L. Mott [18]:

$$D_2 < CD < 3(D_2 + D_1)$$

Se obtiene como resultado un intervalo de 190 mm hasta 759 mm; al elegir un valor inicial de 480 mm con el cual se obtiene la longitud de paso de 53.76 in, se opta por la banda comercial tipo A-34 la cual requiere un centro de diámetro correspondiente a 483.034 mm aproximadamente.

Las poleas empleadas son normalizadas SPA con cono de ajuste.

3.7. Sistema de Elevación

Para elevar la tina se emplea un sistema neumático, el mismo que consta de 2 cilindros neumáticos.

La Figura 22 indica la ubicación de los cilindros destinados a elevar el tanque, los mismos que se encuentran a media carrera.

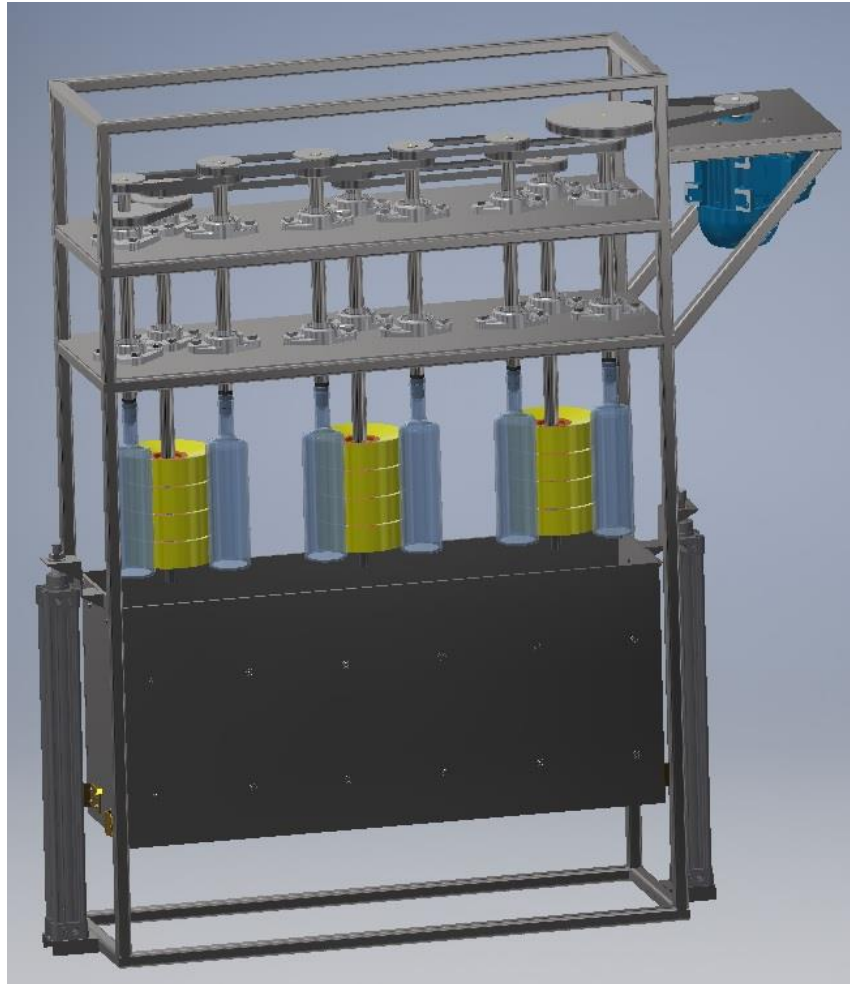


Figura 22. Esquema base para el diseño de los centros de los ejes.

El cálculo del embolo requerido para elevar el tanque se realizó según la masa total a levantar, la cual se indica en la Tabla 22.

Tabla 22. Masas

Descripción	Masa (kg)
Peso del material	31.54
Cepillos Fijos	13.56
Líquido de Trabajo	108.57
Total	153.67

Tomando en cuenta la masa total del tanque 153.67 kg, empleando la fórmula de 3.3 para el cálculo del peso se obtiene un valor de 1507.79 N, considerando que se emplearán dos cilindros, el peso se divide en dos y de acuerdo a la presión de trabajo 6 bar partiendo de la fórmula encontrada en el libro de Mott [18] y despejando para obtener el diámetro se obtiene:

$$P = \frac{F}{A} \quad d = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} \quad d = 40.1mm$$

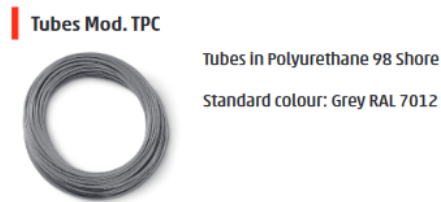
.

Por temas de seguridad se eleva al inmediato superior obteniendo como cilindro comercial un cilindro de embolo 50mm, modelo 6 2 M 2 P 0 5 0 A 0 5 0 0 en marca Camozzi.

3.7.1.1. Selección de manguera

La manguera se elige en función al actuador ya seleccionado previo cálculos y se valida con sus rangos de presión máximos permitidos.

La disponibilidad de mangueras es en los modelos camozzi de 6/4 y 4/2, los mismos que se encuentran descritos con sus propiedades en la Figura 23



Mod.	D/d	Max pressure at 23°C (bar)	Weight (g/m)	Bend radius (mm)	Lot (m)
TPC 4/2	4/2	19	11.5	11	100
TPC 6/4	6/4	13	19.2	18	100
TPC 8/6	8/6	9	26.8	35	100
TPC 10/8	10/8	7	34.5	45	100
TPC 12/8	12/8	9	76.6	50	100

Figura 23. Propiedades manguera

En el sistema por economía y disponibilidad en mercado, se opta por una manguera flexible de poliuretano modelo TPC 6/4 la misma que tiene un máximo de 13 bar de presión de trabajo; el sistema está diseñado para trabajar a 6 bares en consecuencia la manguera seleccionada soporta la carga de trabajo y mantiene un factor de seguridad de 2.16.

3.7.1.2. Selección de válvula

El sistema de elevación se encuentra diseñado de forma manual con el objetivo de reducir costos; por esa razón, la selección de la válvula depende de la manguera a utilizar y de la necesidad del sistema. Requiere que posea 3 posiciones: avance, retroceso y una posición neutral; en consecuencia, de las dos razones mencionadas con anterioridad se opta por una válvula neumática de accionamiento de palanca 5/3 con entradas de $\frac{1}{4}$.

El fabricante en su catálogo presenta dos válvulas que cumplen con el requerimiento descrito que se muestran en la Figura 24.

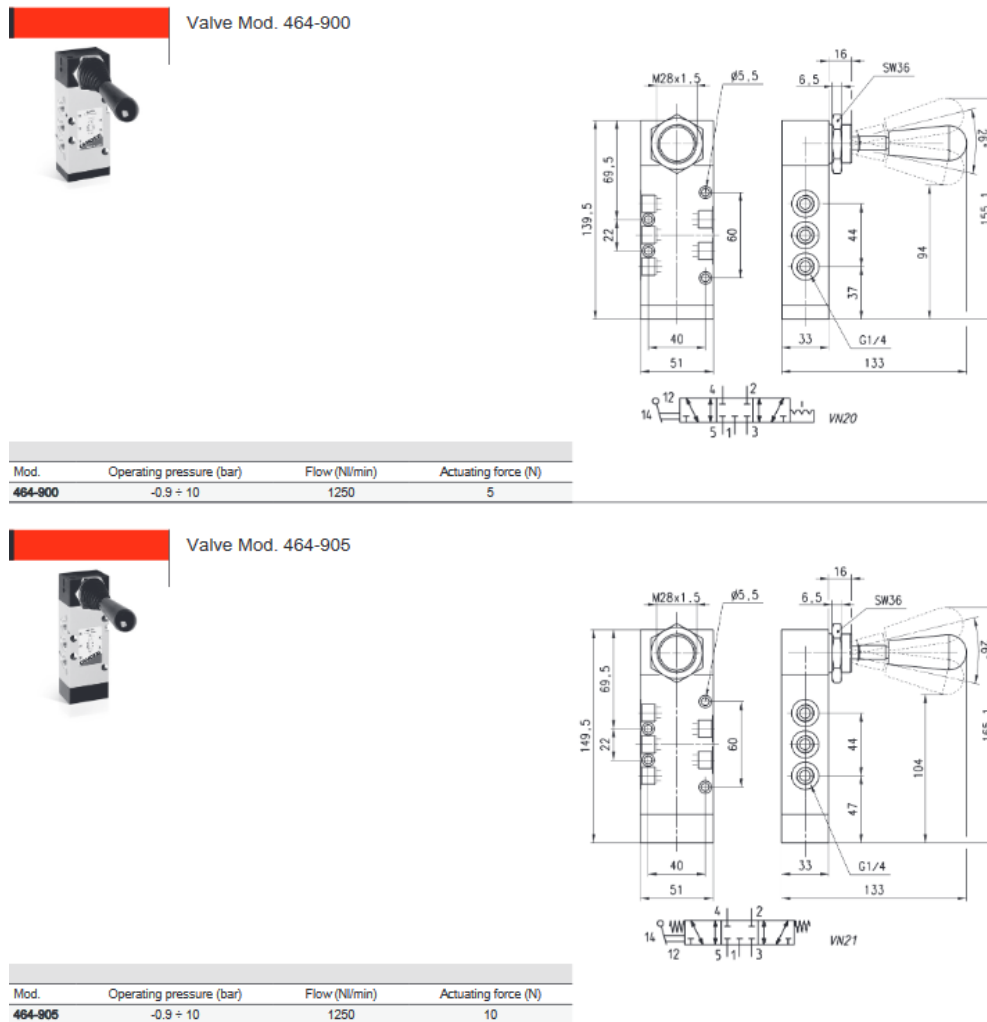


Figura 24. Válvulas

En función del costo mayor del modelo 464-900 por su función adicional de enclavamiento, se opta por el modelo 464-905 que cumple con los requerimientos y representa un ahorro de 40\$.

3.7.1.3. Selección de unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento debe constar de filtro, lubricador, regulador de presión y descarga de condensación. En vista de los requerimientos previamente fijados y en función del tamaño de manguera a emplear se selecciona la unidad de mantenimiento.

Se opta por un modelo compacto de descarga semiautomática, disponible en el mercado a un costo accesible para el presupuesto planteado.

El sistema plantea un funcionamiento de 6 bar, por lo cual se parte la selección del modelo a partir de la primera exigencia y se encuentra en el mercado el modelo MD1-

FRL0500 una unidad de mantenimiento básica, compacta con una de hasta 16 bar y presiones regulables de 500-100 kPa.

La misma unidad es modular, de tal manera que se puede reemplazar por módulos en caso de ser necesario o en su efecto aumentarlos de ser así el requerimiento.

3.8. Estructural

3.8.1. Espesor de placa

Para obtener el espesor requerido en la placa base se aplica la siguiente fórmula, extraída del prontuario de máquinas de N. Larburu [19]:

$$f = \psi * \frac{q * b^4}{e^3 * E}$$

Donde:

f = distancia de deformación en la placa [mm],

ψ = factor tabulado obtenido de la relación

$$n = a/b,$$

q = carga aplicada sobre la placa en $[kg/cm^2]$,

b = distancia media de un extremo de la placa,

E = módulo de elasticidad del material.

Para obtener el primer dato se asume que la deformación de la placa sea menor o igual a 1 mm, posterior a ello despegando el espesor se obtiene un valor de 0.036 mm.

Debido al distribuidor en la ciudad se decide colocar un espesor de 3 mm para la placa principal, la cual posee medidas brutas de 1000 x 335 mm. Sobre tal placa se apoya una masa de 60 kg con lo que se obtiene una carga aplicada de $0.0179 kg/cm^2$.

La placa se instala soldada en su totalidad, debido a ello el cálculo se le toma como placa empotrada, para la cual se tiene que: $\sigma_y = \sigma_{max}$ y $\sigma_x = 0.3 * \sigma_y$.

$$\text{De la relación } n = \frac{a}{b} = \frac{50}{16.75} = 2.98$$

Se obtiene los siguientes datos tabulados:

Centro de la placa: $\varphi_x = 0.30, \varphi_x = 1.00$

Centro lado mayor: $\varphi_{y\max} = 2.00$.

$\psi = 0.455$.

Con dichos datos se obtiene las tensiones en “Y” y la tensión reducida (σ_r) de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_y = \varphi_y * \frac{q * b^2}{e^2} = 111.60 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_r = 0.89 * \sigma_y = 99.325 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Con la tensión reducida y el coeficiente de trabajo admisible del latón podemos obtener el factor de seguridad:

$$n = \frac{\text{Coeficiente de trabajo admisible}}{\sigma_r} = 4.027$$

Siendo así este factor mayor a 1 también se tiene que la deformación en la placa de 3 mm es apenas de 0.65 mm.

Para la placa del motor se tiene que la masa aplicada es de 30 kg, con unas dimensiones brutas de 335x300 mm y un espesor de 6 mm; aplicando el procedimiento antes realizado con 5.65 como factor de seguridad y una deformación en la placa de 0.0175 mm.

3.8.2. Estructura

La figura 3.13 muestra el diseño de la estructura del equipo con las cargas aplicadas

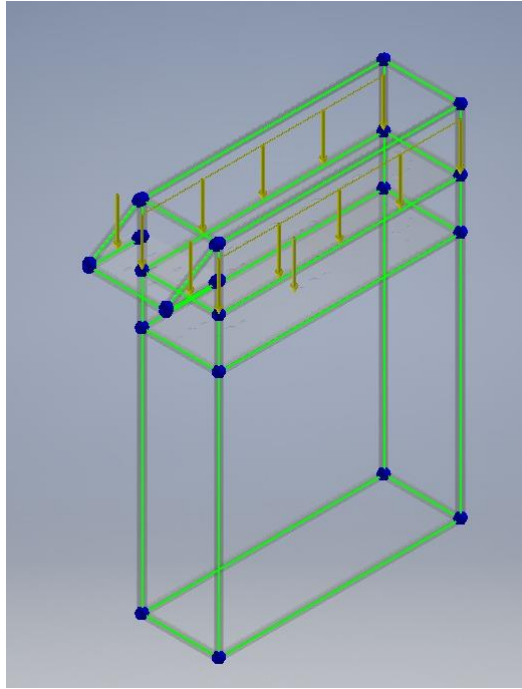


Figura 25. Estructura con cargas

Empleando las siguientes ecuaciones, extraídas del prontuario de máquinas [19]:

$$F = \frac{\pi * E * I}{Lp^2}$$

$$Lp = K * L$$

$$\sigma = \frac{F * W}{A}$$

Donde:

E= módulo de elasticidad

I= Inercia del cuerpo.

Lp= Longitud de pandeo de la barra dada en Figura 26.

L= Longitud cuerpo.

La Figura 26 indica la longitud de pandeo.

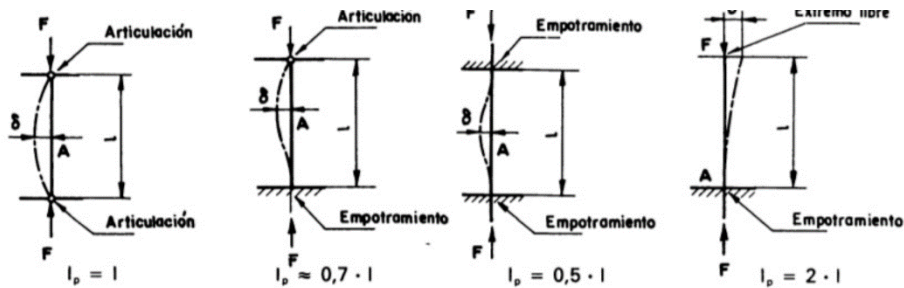


Figura 26. Longitud de Pandeo.

Para el cálculo se divide la estructura completa en dos secciones y a partir de las ecuaciones presentadas se obtiene la Tabla 23, donde se presentan las dimensiones, cargas esfuerzos y factor de seguridad.

Tabla 23. Resultados estructurales

Sección	1	2
Longitud (cm)	20	100
Longitud de pandeo	10	50
Masa sobre placa (kg)	75	90
Esfuerzo (σ) ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)	50.86	61.03
Factor de seguridad (n)	51.12	4259

El factor de seguridad alto corresponde al tipo de perfil empleado por razones de disponibilidad de material y constructivas.

De la Tabla 23 se obtiene el esfuerzo de la sección 1 correspondiente a la parte superior, con la misma se puede proceder al cálculo individual de vigas.

La viga crítica se ubica en la sección 1 correspondiente a la superior y su esfuerzo máximo corresponde a:

$$\sigma = 402 \text{ MPa}$$

Las reacciones en dicho punto se presentan como:

$$R_x = 1.209 \text{ N}$$

$$R_y = 4896 \text{ N}$$

$$R_z = 3061N$$

Teniendo un factor de seguridad de:

$$n = 3.07$$

El factor verifica que la viga más crítica correspondiente a la sección inferior al soporte del motor no presenta pandeo ni deformaciones.

3.8.2.1. Soldadura

Las conexiones del tubo metálico de 25x2 se realizan por medio de soldadura, la misma que se procederá a analizar a cortante directo con la siguiente fórmula [15]

$$\tau_{xy} = \frac{P}{A_{\text{corte}}} \quad \tau_{\text{permisible}} = 144\text{MPa}$$

Tomando en cuenta el grado del tubo ASTM A500 empleado en la construcción se tiene una resistencia a la tensión de 430 MPa dato obtenido de la Figura 27.

CORRELACION DE LAS NMX Y ASTM DE ACEROS ESTRUCTURALES					
Nomenclatura		$F_y^{(3)}$		$F_u^{(4)}$	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
B-254	A 36	250	2,530	400 a 550	4,080 a 5,620
	A 529	345	3,515	485	4,950
		380	3,880	485	4,950
B-282	A 242	320	3,235	460	4,710
		345	3,515	485	4,920
		290	2,950	414	4,220
B-284	A 572	345	3,515	450	4,570
		414	4,220	515	5,270
		450	4,570	550	5,620
	A 992	345	3,515	450 a 620	4,570 a 6,330
B-177	A 53	240	2,460	414	4,220
B-199	A 500 (5)	320	3,235	430	4,360
B-200	A 501	250	2,530	400	4,080
	A 588 (6)	345	3,515	483	4,920
	A 709	250	2,550	400	4,080
		345	3,515	450	4,590
		485	4,950	585	5,965
		690	7,036	585	7,750
		620	6,322	690	7,040
	A 913 (7)	345 a 483	3,515 a 4,920	448 a 620	4,570 a 6,330

Figura 27. Estructura con cargas [20]

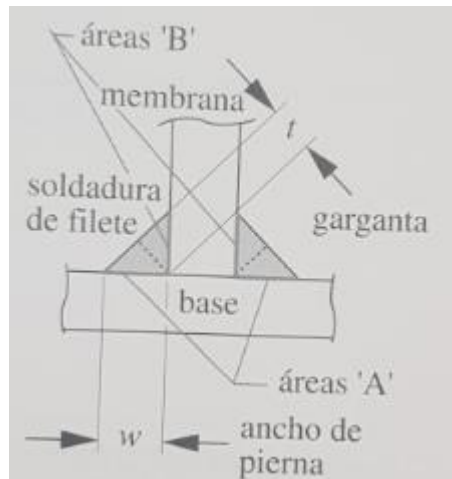


Figura 28. Área de soldadura

Tomando en cuenta la Figura 28 se determina el área con la presente fórmula:

El cálculo de la carga aplicada toma en cuenta la masa a soportar, dato tomado de la Tabla 22.

$$A = Lt$$

$$A = 1290\text{mm}^2$$

$$P = 1505.97\text{N}$$

$$\tau_{xy} = \frac{P}{A_{\text{corte}}}$$

Donde:

P es la carga aplicada

$$\tau_{xy} = \frac{1505.97}{1290}$$

$$\tau_{xy} = 1.17\text{Mpa}$$

$$n = \frac{\tau_{\text{permisible}}}{\tau_{xy}}$$

$$n = 123$$

El factor de seguridad verifica la estabilidad de la estructura y la seguridad para el operario.

CAPITULO 4

4.ENSAYOS

La Tabla 24 detalla los ensayos realizado en la máquina, verificando los tiempos de lavado con las distintas etiquetas; donde el tiempo muerto corresponde a la carga manual de las botellas en el equipo y el arranque del mismo, el tiempo de lavado corresponde al tiempo requerido por la máquina para el retiro de la etiqueta y limpieza exterior de la botella.

Tabla 24. Ensayos

Ensayo	Tiempo lavado	Tiempo muerto	Tiempo total	Tipo de etiqueta
1	4	3	7	Plástica
2	3	2.5	5.5	Plástica
3	4.5	3	7.5	Plástica
4	5	2	7	Papel-Plástica
5	5	3	8	Papel-Plástica
6	4	2	6	Papel-Plástica

4.1. Muestreo aleatorio simple sin reposición

El método de muestreo aleatorio simple sin reposición es un procedimiento para la selección de muestras sencillo que toma a todas las muestras por igual, dándoles la misma cantidad de valor a cada una, sin tomar en cuenta el orden en el cual se encuentran [21].

La figura 29 indica la selección del ensayo a emplear en el análisis de eficiencia.

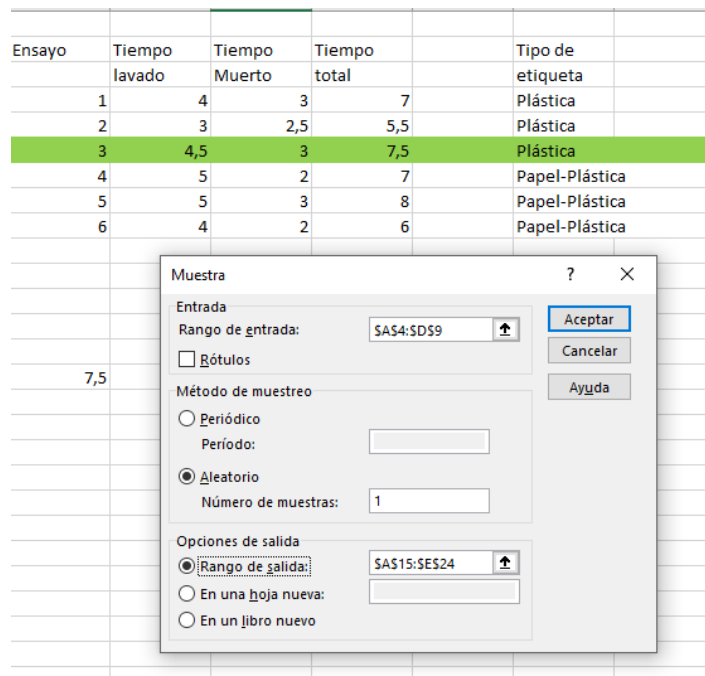


Figura 29. Muestreo aleatorio simple

En la Figura 29 se puede apreciar el muestreo aleatorio de los datos empleados para generar el gráfico de eficiencia de la Figura 30, que serán utilizados para el comparativo posterior.

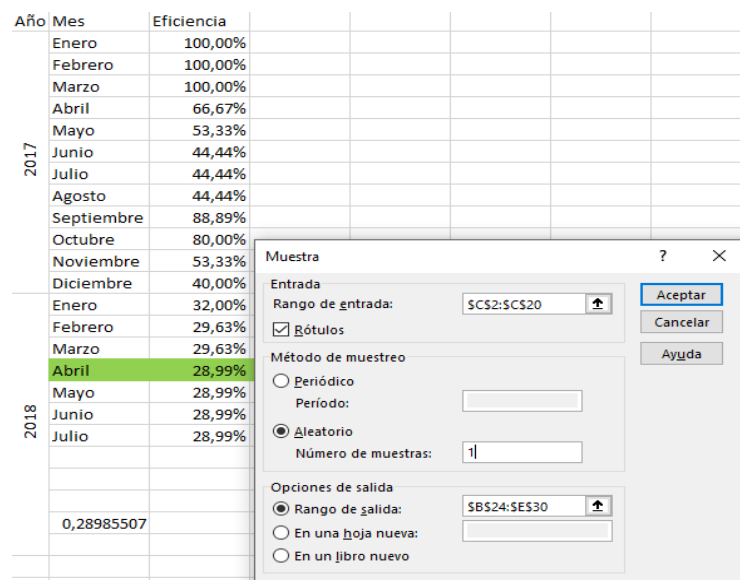


Figura 30. Muestreo aleatorio simple

4.2. Eficiencia comparada

Empleando los datos obtenidos mediante el muestreo detallado en 4.1.1 se realiza el cálculo de la eficiencia actual tomando en cuenta los criterios de 1.6.

El gráfico 31 muestra Eficiencia H y Eficiencia, las cuales corresponden a la eficiencia a comparar obtenida en el muestreo 4.1.1 y la eficiencia actual obtenida respectivamente. Se aprecia un aumento de 249% en el proceso.

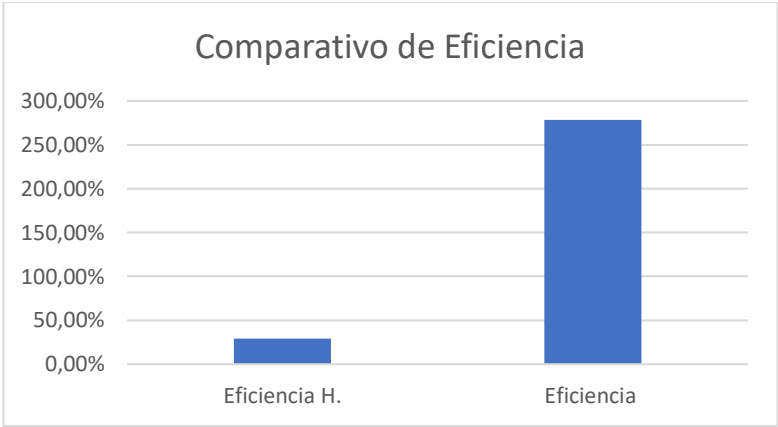


Figura 31. Comparativo de Eficiencias.

CAPITULO 5

5. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero se realiza con base en el presupuesto de la máquina y los costos finales de construcción. Los flujos de efectivo tomados en cuenta para los cálculos del VAN, TIR y período de retorno, son tomados en cuenta de acuerdo al pronóstico realizado en la Tabla 4, ajustándolos solo al aumento de producción direccionado al proyecto.

5.1. Presupuesto

La Tabla 25 indica los costos de construcción de la máquina que serán empleados para realizar el análisis financiero del proyecto.

Tabla 25. Costos

Cantidad	Descripción	Costo
1	Elementos normalizados	250
1	Potencia	450
1	Neumática	690
1	Estructura	1000
1	Cepillos Rotativos	250
1	Cepillos Fijos	60
Total		2700

5.2. VAN

Presenta la diferencia entre la cantidad expresada en moneda actual, entre los ingresos y egresos. Denota una aprobación si es mayor a cero y negación si no lo es, se calcula con la presente fórmula [22].

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad VAN = 25.18$$

La Figura 32 se encuentra el flujo de caja empleado en el cálculo del análisis financiero.

DETALLE		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
FLUJO OPERATIVO											
INGRESOS DE OPERACIÓN		73.650	80.010	87.211	91.571	96.150	100.958	106.005	111.306	116.871	122.714
EGRESOS DE OPERACIÓN		70.038	63.268	71.322	76.864	82.736	89.105	96.016	103.517	111.664	120.515
PROVEEDORES	35%	38.096	28.004	30.524	32.050	33.653	35.335	37.102	38.957	40.905	42.950
MOD		13.154	13.812	15.193	16.713	18.384	20.222	22.245	24.469	26.916	29.608
CIF		4.290	4.505	4.955	5.450	5.995	6.595	7.255	7.980	8.778	9.656
GASTOS ADMINISTRATIVOS		1.920	2.016	2.218	2.439	2.683	2.952	3.247	3.571	3.929	4.321
GASTOS DE VENTA		12.577	13.206	14.527	15.979	17.577	19.335	21.268	23.395	25.735	28.308
(-) PAGO IMPUESTOS			1.725	3.905	4.232	4.444	4.666	4.899	5.144	5.402	5.672
TOTAL, FLUJO OPERATIVO		3.612	16.742	15.889	14.707	13.414	11.852	9.990	7.788	5.207	2.200
TOTAL, FLUJO DE CAJA	(2.700)	3.612	16.742	15.889	14.707	13.414	11.852	9.990	7.788	5.207	2.200

Figura 32. Flujo de Caja

5.3. TIR

Evalúa el proyecto enfocado en la totalidad de beneficios actualizados son iguales a los desembolsos expresados en moneda actual, se calcula con la siguiente fórmula [22].

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad TIR = 255.09\%$$

5.4. Período de retorno

El período de retorno o Payback es el tiempo estimado requerido para recuperar el costo de la inversión, un componente esencial para determinar la aceptación del proyecto [22].

$$PP = \frac{\text{Costo de Inversión}}{\text{Ingreso Generado}}$$

Para el cálculo del período de retorno se toma en cuenta el total de la Tabla 4.2 correspondiente al costo del proyecto y el total de la tabla 4.3 correspondiente al ingreso generado [22].

En la tabla 26 se aprecia los ingresos adicionales generados, tomando en cuenta la reducción de un operario, aumento de servicios básicos consumidos por la máquina y mantenimiento adicional requerido. Los valores indicados en negativo denotan valores adicionales a consumir por el proyecto, por otro lado, los valores positivos indican el ingreso adicional generado.

Tabla 26. Ingreso generado

Cantidad	Descripción	Costo
1	Operario	400
1	Servicios Básicos	-300
1	Mantenimiento	-400
1	Ingresos adicionales	2000
Total		2100

Tomando en cuenta los valores totales de la tabla 25 y 26 se calcula el valor del período de retorno.

$$PP = 1.58$$

La inversión indicada se recupera en un tiempo de 1 año aproximadamente.

CONCLUSIONES

El proceso actual de lavado mantiene una eficiencia máxima de 29% con dos operarios desempeñando la misma actividad.

Automatizar el proceso de lavado de botellas aumenta su eficiencia en un 249%.

Optar por una máquina de tipo mixta genera un ahorro de 4100 USD con su similar en tipo rotatorio importada.

Emplear ejes premaquinados comerciales de 1 in permite un ahorro de 300 USD en horas hombre por maquinado.

Utilizar poleas normalizadas con cono de ajuste permite un ahorro en tiempo de montaje y reparaciones en un aproximado de 2 horas, evitando el paro del equipo por mantenimiento correctivo del sistema de transmisión de potencia, lo que representa el 11% de la producción con la máquina operativa.

Evaluar el proyecto mediante ensayos permite verificar eficiencia actual con el equipo en funcionamiento, encontrando un aumento de 169% a la eficiencia requerida, contribuyendo a la empresa hacia un aumento en su producción.

Se determinó mediante los ensayos de funcionamiento la estabilidad del proceso a 350 RPM.

Se verifica mediante el análisis financiero de costo beneficio verifica la viabilidad de una inversión de 2700 USD por parte de la empresa Macrolínea S.A.

En consecuencia, al ser una inversión de 41% del ingreso mensual aproximado, el período de retorno de la inversión es de un año.

RECOMENDACIONES

Levantar nueva información con los nuevos ciclos times de la línea de producción y evaluar el nuevo tack time de la organización.

Mejorar la adición de PLC si el nuevo tack time lo requiera.

Rediseñar el mecanismo de sujeción de la botella, de esta manera se aminora el tiempo muerto en el proceso.

Emplear lubricante en el sistema de sujeción de la botella, de esta manera se reduce el tiempo de inserción de la misma.

Evitar mantener botellas en el equipo si no se encuentra en operación, evitando tiempo adicional en el retiro debido a la pérdida del lubricante.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Meyers y M. Stephens, Diseño de instalaciones de manufactura y de materiales, Mexico: Pearson, 2006.
- [2] J. Amador, «Informes Fabricación,» Urcuqui, 2018.
- [3] M. Miranda, «Administración de proyectos por camino critico,» 2002. [En línea].
Available:https://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/905_T%C3%A9cnicas%20de%20Administraci%C3%B3n%20de%20proyectos%20por%20camino%20cr%C3%A9dico.pdf. [Último acceso: 29 10 2018].
- [4] J. Heizer y B. Render, Dirección de la producción y de operaciones, Madrid: Pearson, 2008.
- [5] administraciondelaproducción, 1 4 2014. [En línea]. Available:
<http://admproduccionuba.blogspot.com/2014/04/layout-disposicion-de-instalaciones.html>.
[Último acceso: 30 10 2018].
- [6] ingenieria industrial online, «ingenieria industrial online,» 2016. [En línea].
Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/suavizaci%C3%B3n-exponencial-simple/>.
[Último acceso: 30 10 2018].
- [7] F. Villareal, «Universidad Nacional del Sur,» 09 2016. [En línea]. Available:
http://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf. [Último acceso: 13 12 2018].

- [8] EMONA, «EMONA,» [En línea]. Available: <http://emona.com.ar/la-limpieza-perfecta-el-circulo-de-sinner/>. [Último acceso: 15 11 2018].
- [9] QUIVACOLOR, «QUIVACOLOR,» [En línea]. Available: <https://quivacolor.com/tipos-de-limpieza-industrial/>. [Último acceso: 16 11 2018].
- [10] Gebocertmex, [En línea]. Available: <https://www.gebocermex.com/es/limpieza-y-tratamiento-de-recipientes/lavadora-de-botellas/lavadores-de-botellas-de-velocidad-baja-media-pd-3>. [Último acceso: 28 11 2018].
- [11] KHS, [En línea]. Available: <https://www.khs.com/produkte/bier/#Glas-Mehrweg>. [Último acceso: 28 11 2018].
- [12] Harsiddh Engineering, 2015. [En línea]. Available: <http://www.harsiddhmachine.com/spanish/botella-rotary-lavadora.html>. [Último acceso: 28 11 2018].
- [13] YQ Machinery Co.,Limited, «YQ Machinery Co.,Limited,» 27 07 2018. [En línea]. Available: <http://www.chinesepacker.com/>. [Último acceso: 07 01 2018].
- [14] Aiteco, «Aiteco,» [En línea]. Available: <http://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/>. [Último acceso: 14 12 2018].
- [15] R. L. Norton, Diseño de Máquinas un Enfoque Integrado, Mexico: Pearson, 2011.
- [16] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mexico: McGrawHill, 2012.
- [17] Ivan Bohman C.A, «Ivan Bohman,» [En línea]. Available: <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2016/01/catalogo-general-IBCA.pdf>. [Último acceso: 5 2 2018].
- [18] E. M. V. J. W. Robert L. Mott, Machine Elements in Mechanical Design, New

York: Pearson, 2018.

[19] N.Larburu, Prontuario Máquinas, Madrid: Paraninfo S.A, 1989.

[20] Gerdau, [En línea]. Available: <https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/productsservices/products/Document%20Gallery/eleccion-tipo-de-acero.pdf>.
[Último acceso: 25 05 2019].

[21] C. P. López, Muestreo Estadístico, México: Pearson, 2005.

[22] N. Sapag Chain, R. Sapag Chain y J. M. Sapag Puelma, Preparación y Evaluación de Proyectos, Mexico: MvGrawHill, 2014.

ANEXOS

Anexo 1 Cotizaciones



MAQUINARIAS HENRIQUES C.A.

"La Perfección es nuestra meta. La excelencia se tolera"

Somos Contribuyentes Especiales
Resolución No. 6925

4 DE JUNIO DE 2019

Cotización No.: COT-00341319-2
Condiciones de pago.: CONTADO

Estimados Señores:

AHTTY GONZALEZ DANIEL ANDRES

Atencion:

Tenemos el agrado de presentar a ustedes nuestra cotización de mercaderías de acuerdo a sus requerimientos:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	% DESC.	TOTAL
CHTLU009	CHUMACERA TRANSLINK UCFL205-16 1" (CHCFU024)	14,00 UND	4,000		64,40
CHTLU004	CHUMACERA TRANSLINK UCF205-16 1" (CHCFU003)	4,00 UND	5,000		20,00
POOPU000410-V	POLEA OPTIBELT SPA 1 CANAL 71MM(BUSHING1108)	5,00 UND	6,150		30,75
POOPU000006	POLEA OPTIBELT SPA 2 CANAL 71MM(BUSHING1108)	5,00 UND	7,840		39,20
POOPU000423-V	POLEA OPTIBELT SPA 1 CANAL 190MM(BUSHING1610)	1,00 UND	24,890		24,89
POOPP000167	BUSHING 1108 (14MM)	10,00 UND	3,940		39,40
POOPP000172	BUSHING 1610 (24MM)	1,00 UND	5,610		5,61
BAPITU122	BANDA PIX A- 22	5,00 UND	1,320		6,60
BAPITU135	BANDA PIX A- 35	2,00 UND	2,070		4,14

SUBTOTAL \$ 234,99
% IVA 28,20
TOTAL USD \$ 263,19

Observaciones :

Plazo Entrega : Inmediato salvo venta previa, una vez recibida su orden de compra

Validez de la Oferta: 7 días calendario.

Atentamente,

AGENCIA QUITO

qnorte@maquinarias-henriques.com

Guayaquil: (04) 5010070 - 6000700 Sur: (04) 2404373 - 2402279 Quito: (02) 6001200 - 3598930

Transporte a ciudades fuera de Guayaquil y Quito corren por cuenta del Cliente. MHCA se hará responsable de la mercadería hasta entregarla al transportista, en lo posterior será responsabilidad del cliente.

VENDEDOR : QP01

DIGITADOR : kcede



FLUIDICA CIA. LTDA.

Abelardo Moncayo 0e4-08 y Av. America (esquina)

Quito - Ecuador

Tel/fax: 02 244 0848, 02 510 2004

Movil: 09 306 5164

www.fluidica-ec.com

f: Fluidica Ecuador

PROFORMA N: 8057

QUITO, 12 de junio de 2019

SEÑORES

QUITO

ATT. SANTIAGO



ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	62M2P050A0500	CILINDRO NEUMATICO D.E. 50 X 500 MAGNETICO	2	180,51	361,02
2	MD1-FRL0500	UNIDAD MANTENIMIENTO 1/4	1	99,50	99,50
3	VMS 114-1/4	VALVULA CORREDENA 1/4	1	24,10	24,10
4	S2500 1/4	NEPLO 1/4	1	2,10	2,10
5	S6520 8-1/4	RACOR CODO 8 X 1/4	2	4,05	8,10
6	564-905	VALVULA PALANCA 5/3, 1/4, C.C.	1	1,56	1,56
7	S6520 8-1/4	RACOR CODO 8 X 1/4	2	4,05	8,10
8	S6510 8-1/4	RACOR RECTO 8 X 1/4	1	2,15	2,15
9	2931 1/4	SILENCIADOR 1/4	2	3,50	7,00
10	SCU 606-1/4-6	REGULADOR DE CAUDAL 1/4X 6	4	16,64	66,56
11	AI PUT-8X6	MANGUERA POLIURETANO 8 X 6	5	1,49	7,45
12	6540 8	RACOR TEE 8	2	5,19	10,38
				SUB TOTAL	595,02
				DESTO -10%	59,50
				SUBTOTAL	535,52
				IVA 12% +	64,29
				TOTAL USD	602,80

Semi Automatic Bottle Washing Machine QUOTATION

(Price unit:USD)

NO	Name	Type	Qty	Unit	Total	Remark
1	Semi auto bottle washing machine		1	USD6800	USD6800	
Equipment total price:						

Note: 1.Payment: TT After signing the contract, the buyer pre-paid 30% of the total contract price to the supplier; supplier before delivery, the buyer paid 70% of the total contract price.

2.The period of these devices is 15 working days

3. Delivery Location: FOB Shanghai Port

4. Delivery deadline: Contract signed, 15 working days after receipt of advance payment.

5. After packing Size: 1420X1420X1600mm;Gross weight 900kg



Specification:

1.Capacity:2000 B/H

2.speed:1.4r/m

3.Brush head:18

4.Bottle weight:250g-750g

Introduction:

Bottle washing machine is suitable for various glass bottles, new & used/old bottles, like beer bottles, vinegar bottles, soy sauce bottles, wine bottles etc. It just needs labor to feed the bottles, it can automatically wash inside and outside.



**INSTALACION ASESORIA Y SUMINISTROS ELECTRICOS
INASEL CIA LTDA**

Dirección: Jorge Juan N32-24 y Av. Mariana de Jesús
Matriz:

Dirección: Jorge Juan N32-24 y Av. Mariana de Jesús
Sucursal:

Contribuyente Especial No.: 0

Obligado Llevar Contabilidad: SI

R.U.C.: 1791826140001

FACTURA Nro.: 001-100-000019896

Número de Autorización:

2006201901179182614000120011000000198961234567811

Fecha y Hora de Autorización:

2019-06-20T10:31:00-05:00

Ambiente: PRODUCCION

Emisión : NORMAL

CLAVE DE ACCESO



2006201901179182614000120011000000198961234567811

Razón Social / Nombres y Apellidos: JUAN AMADOR

Identificación: 1002483202001

Fecha Emisión: 20/06/2019

Orden / Compra:

Guía Remisión:

Código Principal	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
354253	1.00	MOTOR TRIFASICO 0.75HP 1200RPM 1LE0142-0DC36-4AA4-Z	220.00	25.00	165.00
261269	1.00	BRIDA TAMAÑO 80- B5 LMH:ZSD51298080101206	29.00	25.00	21.75
365871	1.00	VARIADOR 0.75 HP SINAMICS V20 6SL3210-5BB15-5UV1	307.00	25.00	230.25
395944	1.00	BREAKER 2P 10AMP P/RIEL 5SL4210-7RC	16.05	25.00	12.04

FORMA DE PAGO

OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO:

480.52

INFORMACION ADICIONAL

Dirección: IBARRA

Teléfono: 0983138000

Email: franciandrs@hotmail.com

Concepto: 451018 SZVK2Y17008289

SUBTOTAL FACTURA	429.04
SUBTOTAL 12%	429.04
SUBTOTAL 0%	0.00
TOTAL Descuento (0.00 %)	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS (S)	429.04
SUBTOTAL NO GRAVA IVA	0.00
SUBTOTAL GRAVA IVA	429.04
IVA 12% (I)	51.49
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL (S + I)	480.52

DESPACHADO
20 JUN. 2019

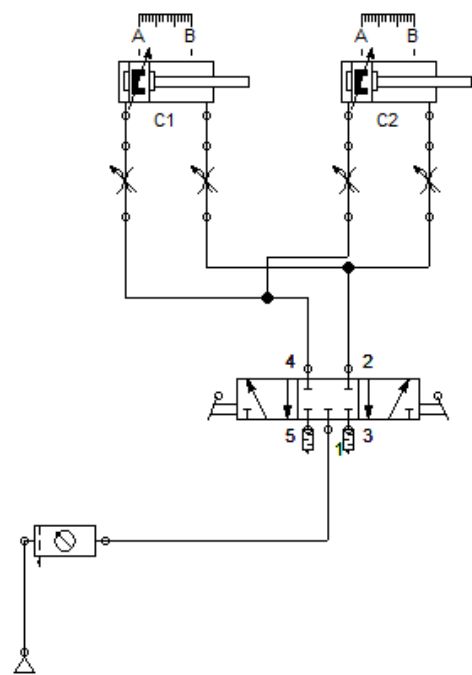
INASEL
caufab - 480.52

Anexo 2 Construcción del equipo





Anexo 3 Diagrama neumático



Designation	Quantity value	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
C2	Position mm				400	300	200	100			
C1	Position mm				400	300	200	100			